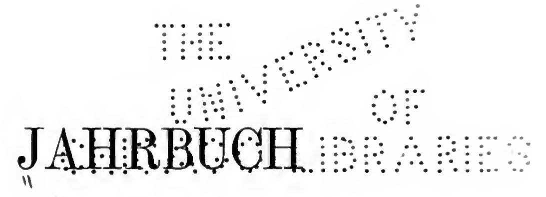

Cres
Cat Sci
entia
Vita
Exco
latur









JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XV. Jahrgang 1904.

Mit sechs Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1905.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1903. Prof. Wolfer in Zürich hat auch für dieses Jahr in altgewohnter Weise die Fleckentätigkeit der Sonne festgestellt.[1] Von ihm und seinem Assistenten wurden während dieses Jahres an 255 Tagen Beobachtungen in Zürich angestellt, außerdem konnten auch achtzehn seiner Beobachtungsreihen benutzt werden. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt. Es bezeichnet darin n die Anzahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage und r die berechnete Relativzahl der Sonnenflecke. „Das definitive Jahresmittel," sagt Prof. Wolfer, „stellt sich auf $r = 24.4$ und ergibt somit gegen 1902 ($r = 5.0$) eine Zunahme von 19.4 Einheiten, die in Verbindung mit der rapiden Abnahme der Zahl der fleckenfreien Tage von 257 auf 45 das erwartete raschere Ansteigen der Tätigkeit bestätigt. Immerhin kann man diese Zunahme, wenn man sie dem durchschnittlichen Verlaufe des aufsteigenden Zweiges der elfjährigen Fleckenkurve gegenüberhält, noch nicht als eine starke bezeichnen. Von der Relativzahl des letzten Minimumjahres 1901 ($r = 2.7$) aus gerechnet, beträgt die Gesamtzunahme bis 1903 nur 21.7, und diese ist für ein zweites Jahr nach dem Minimum so auffallend gering, daß sie zu einer Vergleichung mit den entsprechenden Verhältnissen in frühern Perioden auffordert, auch wenn es noch verfrüht erscheinen mag, schon jetzt eine Vermutung über den Verlauf der gegenwärtigen Periode und namentlich über die Höhe des kommenden Maximums daran zu knüpfen. Zieht man nur die sieben letzten Perioden in Betracht, in denen sowohl hohe, als mittlere und niedere Maxima vorkommen, und bildet in jeder von ihnen je für das erste und zweite Jahr nach dem Minimum die Überschüsse der betreffenden jährlichen Relativzahlen über diejenige des Minimumjahres selbst, so erhält man die nachstehenden Zahlengruppen:

[1] Astron. Mitteil. **95**. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich 1904. **49**.

		Relativzahl	Zuwachs geg. Min.			Relativzahl	Zuwachs geg. Min.
Min	1823	1.8		Min.	1867	7.3	
	1824	8.5	6.7		1868	37.3	30.0
	1825	16.6	14.8		1869	73.9	66.6
Min.	1833	8.5		Min.	1878	3.4	
	1834	13.2	4.7		1879	6.0	2.6
	1835	56.9	48.4		1880	32.3	28.9
Min.	1843	10.7		Min.	1889	6.3	
	1844	15.0	4.3		1890	7.1	0.8
	1845	40.1	29.4		1891	35.6	29.3
Min.	1856	4.3		Min.	1901	2.7	
	1857	22.8	18.5		1902	5.0	2.3
	1858	54.4	50.5		1903	24.4	21.7

Daraus geht hervor, daß die auf das Minimum von 1901 bezogene Zunahme der Relativzahl von 1903 kleiner ist als alle entsprechenden Beträge in den übrigen Dreijahrgruppen, mit einziger Ausnahme von 1823 bis 1825. Vergleicht man nun mit dieser Tatsache die einzelnen Fleckenkurven, die den genannten Minima folgen, so dürfte sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuten lassen, daß die auf 1901 folgende sich etwa denen von 1823 bis 1833, 1878 bis 1889 und 1889 bis 1901 nähern, d. h. verhältnismäßig flach verlaufen und kein hohes Maximum erreichen werde, falls nicht die nächsten Jahre noch einen unerwarteten plötzlichen Anstieg der Kurve bringen, wie er z. B. im Jahre 1847 einem erst ganz allmählichen langsamen Aufwärtsgehen folgte. Jedenfalls aber ist es vorläufig wenig wahrscheinlich, daß das kommende Maximum sich etwa ähnlich wie jene von 1837 und 1870 gestalte, die beide den vorangehenden Minima in der kurzen Zeit von 3 bis 4 Jahren folgten, und wo in beiden Fällen das Aufsteigen der Kurve vom Minimum zum Maximum mit starken, nahe konstanten jährlichen Gradienten sich vollzog.

Die Fleckenkurve zeigt während des Jahres 1903 schon ein sehr viel bewegteres Bild als im vorigen Jahre. „Wo sie auf Null sinkt, geschieht es jedesmal nur für wenige Tage; die sekundären Schwankungen von kurzer Periode sind lebhafter und zahlreicher geworden, und ihre Amplituden wachsen mit zwei Unterbrechungen im Mai und September beständig von Anfang bis Ende des Jahres. Die Zunahme fand intermittierend statt, in drei Erhebungen von längerer Dauer, deren jede eine Gruppe aufeinanderfolgender sekundärer Wellen umfaßt. Die erste Gruppe trat im April auf, die zweite von Juni bis August, die dritte von Oktober bis Dezember; dazwischen liegen zwei Intervalle geringerer Tätigkeit im Mai und September. Die dritte, letzte Gruppe sekundärer Maxima begann Anfang Oktober mit einem plötzlichen, rapiden Steigen, veranlaßt durch die bekannte große Fleckengruppe, die am 5. Oktober eintrat, und der sodann eine Reihe weiterer ebenfalls stark entwickelter Tätigkeitsherde folgte.

Vergleicht man aber die einzelnen sekundären Maxima in bezug auf ihre zeitliche Lage innerhalb der Rotationsperioden, zu denen sie

gehören, so bemerkt man, daß sie von Ende März an fast regelmäßig mit geringen Abweichungen je auf dieselbe Rotationsphase der Sonne, und zwar nahe auf die Anfangsepochen der einzelnen Rotationsperioden fallen, und daß sie nur nach und nach gegen das Ende des Jahres hin sich gegen diese etwas verspäten. Daraus ist zu schließen, daß diese sekundären Maxima einer überwiegenden und ungewöhnlich lange andauernden Konzentration der Tätigkeit auf einem begrenzten Gebiete der Fleckenzonen zuzuschreiben sind."

Die Verteilung der Flecke und Fackeln auf der Sonne während der elfjährigen Fleckenperiode ist von A. Mascari untersucht worden. [1]) Er benutzte hierzu die Beobachtungen Tacchinis von 1879 bis 1900 zu Rom und seine eigenen, von 1893 bis 1903 zu Catania angestellten, ebenso wurden die Beobachtungen der Protuberanzen zu Catania zugezogen. Es ergaben sich folgende Tatsachen: 1. Die Gebiete größerer Lebhaftigkeit der äquatorialen Fackeln und der Flecken zeigen von einem elfjährigen Minimum bis zum nächstfolgenden eine Bewegung aus den Zonen ± 20 bis $\pm 30°$ nach dem Äquator hin; hingegen wandern in der gleichen Zeit diejenigen der Protuberanzen fast von denselben Zonen größerer Tätigkeit der Fackeln und Flecken fort, richten sich aber nach den polaren Gebieten und bleiben noch bestehen bis fast zur Epoche des folgenden Maximums des ersten Zyklus. Dies liefert eine Stütze für die Unabhängigkeit der beiden Sonnenerscheinungen, Fackeln und Wasserstoffprotuberanzen, die auch anderweitig nachgewiesen ist. 2. Die Zonen größerer Tätigkeit der Protuberanzen entwickeln sich in den Zonen der geringern Tätigkeit der Fackeln. Man kann also sagen, daß die Zonen größerer Tätigkeit der Fackelgruppen, die zwischen der mittlern Breite $\pm 45°$ und dem Äquator liegen, eine parallele und mit der der Flecken zusammenfallende Bewegung, aber eine umgekehrte zu der der Protuberanzen ausführen. Die Fackeln jenseits des Hauptmaximums in den Äquatorialgegenden jeder Hemisphäre hingegen zeigen ein sekundäres Maximum in den Polargegenden (das keine Verschiebung erkennen läßt und dem Äquator parallel bleibt). Das Zentrum größerer Tätigkeit der Protuberanzen fällt allgemein in die Gegenden der geringern Tätigkeit der Fackeln.

Die Verteilung der Sonnenflecke in heliographischer Breite von 1874 bis 1902. Walter Maunder hat vor einiger Zeit die während dieses Zeitraumes auf der Sternwarte Greenwich fortlaufend aufgenommenen Sonnenphotographien in bezug auf die Verteilung der Flecke über beide Hemisphären der Sonne nördlich und südlich vom Äquator untersucht. [2]) Seitdem ist eine Arbeit von Dr. W. J. S. Lockyer erschienen, welche sich mit dem nämlichen Gegenstande beschäftigt, aber zu Schlüssen führt, die nach Maunder unzulässig

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 1904. **33**. p. 45.
[2]) Dieses Jahrbuch **14**. p. 9.

sind. Letzterer kommt deshalb auf den Gegenstand nochmals zurück[1]) und stellt fest:

a) Die beiden Sonnenhemisphären unterscheiden sich während der ganzen Periode sehr wesentlich voneinander in bezug auf die gesamte von den Flecken eingenommene Fläche: die südliche war fleckenreicher, indem sie 56.5% der sämtlichen Fleckenareas aufwies.

b) Die Wendepunkte während des Sonnenzyklus waren auf der nördlichen Hemisphäre früher erkennbar als auf der südlichen, sowohl bei der Zunahme, als bei der Abnahme der Flecke.

c) Die nördliche Hemisphäre zeigte während der beiden Fleckenperioden, die in den Zeitraum von 1874 bis 1902 fielen, ein doppeltes Maximum der Flecke, von denen das erste drei Jahre vor dem zweiten eintrat. Die Fleckenkurve zeigt deshalb in ihrer allgemeinen Form ein lang hingezogenes, aber nicht sehr ausgezeichnetes Fleckenmaximum.

d) Die südliche Hemisphäre der Sonne zeigt im Gegensatze dazu ein sehr scharf ausgesprochenes Fleckenmaximum, das zwischen die beiden Maxima der nördlichen Hemisphäre fällt.

Spörer hat früher nachgewiesen, daß nach der Zeit des Fleckenminimums die Flecke, welche seit geraumer Zeit in höhern Breiten verschwunden waren, plötzlich in etwa 30° nördlicher wie südlicher Breite auf der Sonne wieder auftauchten.[2]) Dieses sogenannte Gesetz findet auch Maunder im allgemeinen bestätigt, während die Schlußfolgerungen Lockyers von ihm und von A. L. Cortie[3]) abgelehnt werden.

Das Spektrum der Sonnenflecke, und zwar die Region zwischen den Linien B bis D, ist durch A. L. Cortie auf der Sternwarte des Stonyhurst-College in der Zeit von 1890 bis 1901 beobachtet worden[4]) im Anschlusse an ähnliche Beobachtungen in den Jahren 1882 bis 1889.[5]) Die Identifizierung der einzelnen Linien geschah mit Hilfe der photographischen Darstellungen von Higgs. Als Ergebnis wird eine Tabelle von 300 Linien der bezeichneten Spektralregion mitgeteilt, die in den Sonnenflecken Veränderungen erleiden. Aus den Beobachtungen ergibt sich, daß die hauptsächlichsten Veränderungen bestehen in Erbreiterung der Linien oder zunehmender Verdunklung ohne Erbreiterung, im Verschwinden derselben in den Flecken, in Verschiebungen ihrer Lage, Umkehrungen, Ausfranzungen usw. Besonders sind es die Linien des Natriums (die D-Linien) Vanadiums, Chroms und Titaniums, welche Veränderungen ihres Aussehens erleiden, bisweilen auch die dem Sauerstoffe zugeschriebenen Linien und die atmosphärischen Wasserdampflinien. Außer

[1]) Monthly Notices **64**. p. 747.
[2]) Compt. rend. **108**. p. 486.
[3]) Monthly Notices **64**. p. 762.
[4]) Monthly Notices **63**. p. 468.
[5]) Mem. Astron. Soc, **50**. p. 30.

den oft umgekehrten Linien C und D wurde einmal in einem Flecke auch die Kalziumlinie λ 6122.43 umgekehrt gesehen, sowie bisweilen die Eisenlinien λ 6393.82 und λ 6400.54. Diese drei Linien sind chromosphärische Linien.

Umkehr der Linie D_3 im Sonnenspektrum. Hierüber berichtete H. Kreusler in der deutschen physikalischen Gesellschaft.[1])

Die dem Helium angehörige, gewöhnlich als D_3 bezeichnete Linie, heißt es in dem Berichte Kreuslers, zeigt sich stets hell im Spektrum der Chromosphäre und der Protuberanzen, sowie zuweilen in den Lichtbrücken der Sonnenflecke. Sie ist leicht wahrzunehmen, wenn man auf die Spaltebene eines stark zerstreuenden Spektroskops ein Sonnenbild entwirft. Tangiert der Spalt das Sonnenbild, so sieht man D_3 je nach der Größe des letztern als mehr oder weniger lange, helle Linie; stellt man den Spalt radial, so erscheint sie als kurze, spitze Hervorragung aus dem kontinuierlichen Spektrum, wenn der Spalt nicht gerade auf eine ausgedehnte Protuberanz trifft. In letzterm Falle korrespondiert ihre Länge mit der Höhe der Protuberanz an der betreffenden Stelle.

Eine dunkle Linie vom Charakter einer gewöhnlichen Fraunhoferschen am Orte der hellen D_3-Linie existiert nicht.

Ricco, Belopolski und Woods sahen allerdings an der Basis von Protuberanzen innerhalb der hellen D_3 eine sehr feine, dunkle Linie, die aber wahrscheinlich nicht auf einer Umkehr beruht, sondern darauf zurückzuführen ist, daß die gelbe Heliumlinie in Wahrheit doppelt ist.

Indessen hat Young schon am 22. September 1870 in der Penumbra eines Fleckes D_3 als grauen Schatten beobachtet. Letztere Erscheinung, eine unzweifelhafte Umkehrung der D_3-Linie, ist selten; über spätere Beobachtungen ähnlicher Art hat Verf. in der Literatur keine Angaben finden können.

Am 12. Juni 1904 zwischen 12 und 2 Uhr beobachtete Verf. im Physikalischen Institut zu Berlin die Sonne an einem 6-zölligen Reflektor mit einem Spektroskop, dessen Dispersion der von neun Schwefelkohlenstoffprismen von 60° gleichkommt. Der Durchmesser des auf die Spaltebene projizierten Sonnenbildes betrug 8 bis 9 *cm*; das Fernrohr des Spektroskops hatte etwa achtfache Vergrößerung.

Zwischen dem Zentralmeridiane und dem Westrande der Sonne befand sich eine Gruppe von vier kleinen, trapezartig angeordneten Flecken. In der nächsten Umgebung dieser Flecken waren die Fraunhoferschen Linien C und F unsichtbar, in den Flecken selber hell. Die beiden D-Linien zeigten in den Flecken außer der gewöhnlich beobachteten Verbreiterung keine Anomalien. (Young sah bei der vorher erwähnten Gelegenheit die D-Linien in der Penumbra hell.)

---

[1]) Ber. d. Dtsch. physik. Ges. 1904. p. 197.

Die Linie D_3 war in den Flecken selbst nicht zu sehen, dagegen zeigte sie sich in der Umgebung, wo C und F unsichtbar waren, als dunkles, etwas verwaschenes, an beiden Enden spitz auslaufendes Band, und zwar nicht schwarz, sondern mattgrau.

Die Erscheinung war sehr augenfällig; Dr. Starke, der zufällig hinzukam, sah die dunkle Linie auf den ersten Blick. Leider wurde die Beobachtung durch Bewölkung vielfach unterbrochen, so daß eine genauere Okularbeobachtung der Flecke und ihrer Umgebung, besonders mit Rücksicht auf die Anwesenheit von Fackeln nicht angestellt werden konnte.

Am 13. Juni war D_3 noch dunkel zu sehen, allerdings viel weniger deutlich. Das Aussehen der Linien C und F war von ihrem gewöhnlichen Anblick nicht mehr verschieden. Fackeln von besonderer Helligkeit waren an diesem Tage in der Umgebung der Flecke nicht zu bemerken.

Kalzium- und Wasserstoffflockeln in der Sonnenatmosphäre. Die vor mehr als zwölf Jahren von Prof. Hale begonnenen Untersuchungen der Sonnenoberfläche mittels des mit zwei beweglichen Spalten versehenen Spektroheliographen sind von ihm und Ellermann fortgesetzt worden, und beide berichten jetzt über die Ergebnisse derselben.[1]) Dieselben beziehen sich auf die Verteilung der glühenden Dämpfe des Kalziums auf der Sonne, auf Erscheinungen, die sonst weder mit bloßem Auge, noch mit den gewöhnlichen photographischen Methoden gesehen werden können.

Wie aus den Resultaten dieser Untersuchung ersichtlich wird, befinden sich die Kalzium- und Wasserstoffdämpfe in der Photosphäre der Sonnenatmosphäre in höhern Schichten als die dichten Kalzium- und Wasserstoffwolken. Es ist darum vorteilhaft, mit dem Namen „Flockeln“ die Dämpfe zu bezeichnen, die sich von den „Fackeln“ erheben, welche über oder unter jenen liegen. Die Fackeln sind die Erhöhungen in der Photosphäre, die durch direkte optische und photographische Beobachtungen gesehen werden können, und die sich durch das kontinuierliche Spektrum kennzeichnen. Die Flockeln dagegen sind die Gase und Dämpfe, die in größern Höhen liegen, die durch direkte Beobachtungen nicht gesehen, aber durch spektroheliographische Photographien nachgewiesen werden können. Zu den Flockeln gehören alle hellen oder dunkeln Dämpfe, die ohne Unterschied ihrer Höhe sich auf die Sonne projizieren. Das heißt, eine Flockel kann sich in der absorbierenden Schicht, in der Chromosphäre oder in der Protuberanz der Sonne befinden. Die Formen der Kalzium- und Wasserstoffflockeln unterscheiden sich voneinander, so daß man sie als Kalzium- und Wasserstoffflockeln bezeichnen kann.

Zur Untersuchung der Flockeln ist eine Methode sehr vorteilhaft,

---

[1]) Astrophysical Journ. 1904. Januar.

die einzelne Durchschnitte der Gase und Dämpfe in verschiedenen Höhen über der Photosphäre zu photographieren erlaubt.

Es ist bekannt, daß die Spektrallinien der Dämpfe im elektrischen Funken, die mit dem Spalte senkrecht zur Längsrichtung des Funkens erzeugt sind, verschiedene Breite haben, je nachdem sie den mittlern oder äußern Partien des Funkens gehören. In der Mitte des Funkens sind die Metalldämpfe dicht und darum die zugehörigen Teile der Spektrallinien breit. In den äußern Partien sind die Dämpfe verhältnismäßig dünner und darum diese Teile der Linien enger. Die Breite der dazwischenliegenden Teile der Linien ändert sich mit der Dichte des Dampfes. Es ist oft möglich, noch eine schmale schwarze Linie in der Mitte der hellen zu beobachten, die durch den kalten dünnen Dampf in den äußersten Schichten des Funkens gebildet ist.

Ähnliche Verhältnisse existieren auf der Sonne. Die H- und K-Linien der Kalziumdämpfe zeigen im Sonnenspektrum eine zusammengesetzte Struktur, bestehend aus drei Teilen: aus einem breiten dunkeln Bande, das als $H_1 K_1$ bezeichnet werden mag; aus einer verhältnismäßig schmalen hellen Linie, die sich oft in Mitte des dunkeln Bandes befindet, $H_2 K_2$, und aus einer noch schmalern dunkeln Linie, die sich selten in der hellen befindet, $H_3 K_3$. Das diffuse dunkle Band $H_1 K_1$ wird durch die dichten Dämpfe, die sich in unmittelbarer Nähe der Photosphäre befinden, gebildet. Im allgemeinen, wie es aus Finsternisbeobachtungen bekannt ist, liegen die dichten Kalziumdämpfe so niedrig in der Chromosphäre, daß sie nicht sich projizierend am Rande der Sonne beobachtet werden können. Die helle Linie $H_2 K_2$, wie es aus Spektralbeobachtungen der Chromosphäre ersichtlich ist, gehört zu Dämpfen, die sich am Sonnenrande hell projizieren, obgleich sie nicht die höchsten Teile der Chromosphäre erreichen. Die dunkle Linie $H_3 K_3$ ist durch die kältern Dämpfe gebildet, die sich in höchsten Teilen der Chromosphäre befinden.

Es ist klar, daß, wenn der zweite Spalt des Spektroheliographen auf das äußerste Ende der Linie $H_1 K_1$ eingestellt wird, er das Licht nur von den Dämpfen erhalten kann, die dicht genug sind, um so breite Linien zu bilden. Die dünnern Dämpfe in größern Höhen erzeugen engere Linien, und folglich senden sie ihr Licht durch den zweiten Spalt nicht. Wenn der Spalt die Linie näher der Mitte schneidet, so daß die Linie $H_2 K_2$ im Spalte sich befindet, so bekommt er das Licht von den hellen Dämpfen, die noch genug dicht sind, um eine Linie von der kleinern Breite zu bilden, und die sich in größern Höhen befinden. Schneidet der Spalt die Mitte der Linie, so bekommt er in den Fällen, wo die Linie $H_3 K_3$ stark genug ist, dagegen $H_2 K_2$ undeutlich erscheint, das schwache Licht von den dünnsten Dämpfen, die sich in noch größern Höhen befinden.

Es folgt daraus, daß, wenn der erste Spalt des Spektrohelio-

graphen durch das ganze Sonnenbildchen verschoben wird, die drei Photographien nacheinander folgende Durchschnitte der Flockeln in verschiedenen Höhen über der Photosphäre liefern.

Gemäß solchen Untersuchungen zeigen die Photographien der niedrigsten Durchschnitte eine Menge von verhältnismäßig kleinen, aber sehr deutlichen Elementen an der Basis der Kalziumflockeln, an die sich in den Photographien der höhern Durchschnitte mehr ausgedehnte, größere Flächen bedeckende Gebilde angliedern. Aus mehrern Photographien, die bei sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen erhalten wurden, ergibt sich, daß wahrscheinlich die Kalziumflockeln aus einer Menge von Gas- und Dampfsäulen bestehen, die sich ausdehnen, sobald sie die größern Höhen erreichen, und in vielen Fällen in ihren höchsten Teilen sich seitwärts ausbreiten.

Bei Anwendung des Spektroheliographen zum Photographieren der Flockeln anderer Gase als Kalzium ist es unbedingt notwendig, daß die Spektrallinien dieser Gase durch starke Dispersion auch so breit gemacht werden, daß sie den zweiten Spalt ganz bedecken werden. Wenn das nicht der Fall ist, so wird das Licht des kontinuierlichen Spektrums von beiden Seiten der dunkeln Linie zur photographischen Platte durchdringen, und es wird die kleinste Menge dieses Lichtes ausreichen, um den Effekt, hervorgebracht durch die Intensitätsänderung der dunkeln Linie, ganz zu vernichten. Denn obgleich diese Linie nur durch Kontrast dunkel ist, so ist doch ihr Licht viel schwächer als das des kontinuierlichen Spektrums, auf welchem sie liegt.

Die mit den Wasserstofflinien $H\beta$, γ, δ gemachten Photographien zeigen breite dunkle Gebilde, die den hellen mit Kalziumlinien H_2 K_2 erzeugten ähnlich sind, obgleich sie sich von jenen in manchen Fällen durch andere Formen unterscheiden. Mehrere solcher Photographien führen zu dem Resultate, daß ohne Zweifel im allgemeinen die Wasserstofflockeln dunkel und den hellen Kalziumflockeln ähnlich sind, doch können sie sich von letztern oft unterscheiden. Da die Wasserstofflockeln hauptsächlich eruptiver Natur sind, so ist die Temperatur des Wasserstoffgases, die für eine Lichtstrahlung maßgebend ist, durch heftige Strömung so weit herabgesunken, daß sie sich von der Temperatur der umgebenden Wasserstoffgase nicht unterscheidet, oft aber unter dieser normalen Temperatur liegt. Darum erscheinen die Wasserstofflockeln im allgemeinen dunkel. Man könnte aber erwarten, daß in sehr aktiven Regionen der Sonnenoberfläche die hellen Wasserstofflockeln erscheinen werden. Und wirklich ist es möglich, in unmittelbarer Nähe der Flecke die hellen Wasserstofflockeln nachzuweisen, die in größern Entfernungen dunkel erscheinen.

Aus dem Vergleiche der Photographie, bei der der Spalt auf die Wellenlänge $\lambda = 3966$ in der mittlern Breite der dunkeln Linie H_1,

mit der, wo er auf $\lambda = 3968.6$ in der hellen Linie H_2 eingestellt war, wird ersichtlich, daß in den untern Schichten die lichten Kalziumdämpfe große Partien der Flecke bedecken, und in den höhern Schichten die dünnern Kalziumgase über den Halbschatten und Schatten der Flecke sich erheben.

Eine Schwankung der Sonnenstrahlung ist von S. P. Langley wahrscheinlich gemacht worden.[1]) Nach seinen Beobachtungen mit dem verfeinerten Bolometer (dem Bolographen) ergab sich der Wert der Sonnenkonstante im Jahre 1902 an drei Tagen des Oktober gleich 2.18, am 19. Februar 1903 gleich 2.26. Zwei Reihen vom 25. und 26. März liefern die rasch sinkenden Werte 2.26, 2.21 und 2.10, 2.08, die nächsten Beobachtungen vom 29. April 1.94 und 1.97. Nach einem etwas höhern Werte (2.14) am 7. Juli verharrte die Konstante am 24. August, 14. und 29. Oktober, 7. und 23. Dezember 1903 und 27. Januar 1904 auf Werten zwischen 1.93 und 2.05 oder, wenn man nur die Tagesmittel vergleicht, zwischen 1.94 und 2.01, hatte dagegen am 11. Februar den ältern Wert von 2.26 wieder erreicht. Während die Luftdurchlässigkeit in der zweiten Jahreshälfte von 1903 nahezu wieder ihre unverminderte Größe erreicht hatte, war die Sonnenstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre um dieselbe Zeit um etwa ein Zehntel herabgegangen. Hätte man die Sonnenkonstante für April bis August 1903 mit der normalen Luftdurchlässigkeit berechnet, so wäre sie noch kleiner gefunden worden.

Eine Abnahme der unabsorbierten Sonnenstrahlung um etwa 10% ist daher für einen Zeitraum von mehrern Vierteljahren höchst wahrscheinlich. Langley zeigt weiter, daß nach dem Stefanschen Strahlungsgesetze die mittlere Temperatur der Erde bei Empfang einer um 0.1 verminderten Erwärmung um 7.5° fallen müßte, nämlich von 17 auf 10°, aber erst nach einiger Zeit bei dauernder Abnahme der Sonnenstrahlung. Handelt es sich um kürzere Schwankungen, so kann diese Wirkung nicht ganz eintreten. Die Abnahme dürfte sich aber vielleicht zeigen an Orten mit kontinentalem Klima, während Orte in der Nähe der See erst nach länger dauernder Strahlungsänderung eine Wirkung verspüren dürften, da die großen Wassermassen ausgleichend auf die Temperatur einwirken.

Langley hat nun zehntägige Temperaturmittel von 89 Stationen der nördlichen gemäßigten Zone geprüft. Die Stationen wurden in sieben Gruppen eingeteilt unter Berücksichtigung ihrer geographischen Lage, ihrer Entfernung vom Meere und ihrer Höhe über der Meeresfläche. Die Abweichungen der Temperaturen von ihren Normalwerten zeigen in allen Gruppen vom April bis November 1903 ein Sinken um mehrere Celsiusgrade. Der Temperaturfall spricht sich am deutlichsten aus bei den Stationen des europäischen und asiatischen Rußland, also den am weitesten vom Meere entfernten Ge-

[1]) Astrophysical Journ. **19**. p. 305.

bieten. Daß die Temperaturen schon gegen Ende 1903 wieder normal wurden, während die Sonnenstrahlung noch bis in den Januar 1904 unternormal blieb, könnte durch die wieder erhöhte Durchlässigkeit der Atmosphäre erklärt werden.

Dieses Verhalten der irdischen Temperaturen spricht für die Annahme einer wirklichen Abnahme der Sonnenstrahlung vom April 1903 an. Künftige Beobachtungen müssen zeigen, ob nur eine auf kaum ein Jahr beschränkte Strahlungsänderung vorliegt, oder ob diese mit dem Beginne der neuen Fleckenperiode auf der Sonne zusammenhängt.

Die Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900. Das Smithsonian-Institut in Washington hatte zur Beobachtung dieser Finsternis eine eigene Expedition ausgerüstet, die in der Nähe von Wadesboro ihre Station aufschlug. Der offizielle Bericht über diese Expedition ist jetzt erschienen.[1])

Die Aufgabe der Expedition bestand darin: 1. die feinere Struktur der innern Korona photographisch aufzunehmen und zu beobachten; 2. die äußere Korona und etwaige Objekte in der Nähe der Sonne zu photographieren; 3. die Wärmestrahlung der innern Korona zu messen und, wenn möglich, mittels des Bolometers die Energieverteilung im Spektrum derselben festzustellen; 4. das sogenannte Flashspektrum zu photographieren; 5. die Zeiten der Berührungen des Sonnen- und Mondrandes genau zu beobachten.

Die Wahrnehmung der sehr merkwürdigen Struktur des innern Teiles der Korona, welche Prof. Langley und andere gelegentlich der Finsternis von 1878 machten, ließ es wünschenswert erscheinen, während der Totalität von 1900 eine genaue Darstellung der innern Korona zu erhalten. Selbstverständlich war solches nur durch photographische Aufnahmen zu erzielen, und um möglichst große Bilder zu erlangen, mußte ein photographisches Fernrohr mit sehr langer Brennweite zur Anwendung kommen. Prof. E. Pickering vom Harvard-College-Observatorium stellte zu diesem Zwecke der Expedition ein Objektivglas von 12 Zoll Durchmesser und 135 Fuß Brennweite nebst den erforderlichen Nebenapparaten zur Verfügung, und neben diesem großartigen Instrumente konnte noch eine von Prof. Young vermittelte Linse von 5 Zoll Durchmesser und 38 Fuß Brennweite verwendet werden. Zum Zwecke der Beobachtungen mit bloßem Auge dienten ein 5-zölliges und mehrere kleinere Teleskope, zur photographischen Aufnahme der äußern Korona verschiedene Kameras mit Linsen von kurzen Brennweiten, die zu möglichst lang dauernden Aufnahmen Verwendung finden sollten, um die äußersten Grenzen der Korona noch darzustellen. Untersuchungen über die Wärmestrahlung der Korona mittels des Bolometers bildeten natürlich die Hauptaufgabe für Prof. Langley. Zur Nachforschung nach

[1]) The Solar Eclipse Expedition of the astrophys. Observatory of the Smithsonian Institute by Langley. Washington 1904.

einem etwaigen intramerkurialen Planeten diente der von Professor E. Pickering angegebene photographische Apparat, der aus mehrern Kameras besteht, deren Achsen so gegeneinander geneigt sind, daß sie zusammen eine Fläche des Himmels aufnehmen, die sich östlich und westlich bis zu 15° und nördlich wie südlich bis zu 5° vom Mittelpunkte der Sonne erstreckt.

Der 28. Mai war meteorologisch den Beobachtungen sehr günstig, wolkenlos blaute der Himmel über der Station, und alle projektierten Beobachtungen konnten ausgeführt werden.

Was zunächst die Dunkelheit während der Totalität anbelangt, so wurde sie ungefähr gleich derjenigen geschätzt, die in einer klaren Vollmondnacht herrscht; indessen konnten von Planeten und Sternen nur wenige der hellsten gesehen werden. Die äquatoriale Ausdehnung der Korona an jeder Seite der Sonne wurde von den Beobachtern mit bloßem Auge auf zwei bis fünf Monddurchmesser geschätzt. Ein mitbeobachtender Maler schätzte die Farbe des äußern Koronalichtes apfelgrün, und sie erstreckte sich bis zu einem halben Sonnendurchmesser gegen den Rand hin, von wo an die Färbung mehr gelblich war, während die innere Korona blaßgoldfarbig erschien. Die teleskopischen Beobachtungen ließen eine große Menge Detail in der Korona erkennen, doch erschien dasselbe weniger scharf und bestimmt als bei der Finsternis von 1878, welche Prof. Langley auf Pikes Peak beobachtete. Große Protuberanzen waren sichtbar, und sie schienen im Zusammenhange mit Regionen der Korona zu stehen, die ein gestörtes Aussehen zeigten. Die äquatorialen Koronastreifen konnten auf der Photographie bis zur Entfernung von vier Sonnendurchmessern verfolgt werden, und in dieser Entfernung wurden sie offenbar nur wegen Lichtschwäche unsichtbar, keineswegs aber zeigten sie dort ein bestimmtes Ende der Ausdehnung. Die Koronastrahlen in den Polargegenden der Sonne waren augenfällig und vielfach in derselben Weise in Kurven geordnet wie die bekannten Kraftlinien eines Magneten. Mit den Kameras von langer Brennweite wurden Photographien mit zahlreichen Details erhalten, die zum Vergleiche mit den Aufnahmen zukünftiger Finsternisse von höchstem Werte sind. Besonders die Linse von 135 Fuß Brennweite erwies sich für die Finsternisphotographie äußerst wertvoll.

Die Bolometerbeobachtungen zeigten die Wärmewirkung der innern Koronastrahlung, doch war dieselbe unerwartet schwach. Die Ergebnisse deuten eine verhältnismäßige Schwäche des infraroten Teiles des Koronaspektrums an, was unvereinbar ist mit der Hypothese, daß die Strahlung eine Folge hoher Temperatur ist oder hauptsächlich aus reflektiertem Sonnenlichte besteht. Dies zusammen mit dem Aussehen der Korona scheint die Hypothese zu begünstigen, welche die Hauptquelle dieser Strahlung in einer Art elektrischer Entladung erblickt. Die wohlbekannte Polarisation des Lichtes der äußern Teile der Korona und das Vorhandensein feiner dunkler Linien

im Spektrum derselben, welche Janssen vor Jahren entdeckte, und die durch Perrotines Photographien der Finsternis von 1901 bestätigt wurden, beweisen, daß ein kleiner Teil der Koronastrahlung durch reflektiertes Licht der Sonnenphotosphäre zustande kommt. Indessen lehren die photographischen Aufnahmen des Koronaspektrums durch Campbell (1898) und Perrine (1901), daß die Hauptmasse des Lichtes der Korona keineswegs reflektiertes Sonnenlicht ist. Manche neigen zu der Annahme, die Hauptquelle des Lichtes der Korona sei in glühenden Partikelchen zu suchen, die sich nahe der glühenden Sonnenphotosphäre befinden, indessen ist Prof. Langley überzeugt, daß der spektroskopische Befund gleich gut auch mit der Annahme elektrischer Entladungen übereinstimmt.

Die Nachforschung nach intramerkurialen Planeten ergab die Unwahrscheinlichkeit der Existenz von solchen, die heller als 5. Größe erscheinen, doch könnten immerhin schwächere vorhanden sein. Auf einer Platte fanden sich verschiedene Andeutungen solcher Objekte, da aber kein Duplikat zur Verfügung vorhanden ist, so muß es unentschieden bleiben, ob es sich um Plattenfehler handelt oder um wirkliche Objekte. Bei künftigen Finsternissen wird man mit geeigneten Apparaten wahrscheinlich Sterne bis zur 9. Größe photographieren können.

Von den zahlreichen und prachtvollen Tafeln, welche die Publikation des Astrophysik. Obs. des Smithsonianinstituts bringt, möge hier eine reproduziert werden. Die Tafel I gibt das allgemeine Aussehen der Korona wieder, gemäß der Aufnahme mit der Kamera von 11 Fuß Brennweite bei 82 Sekunden Exponierung.

Sonnentätigkeit und Erdmagnetismus. Prof. Ricco gibt folgende Zusammenstellung der bisher aufgestellten Hypothesen über die Beziehung der Sonnentätigkeit zum Erdmagnetismus.[1]) Man hat zunächst angenommen, daß der Eigenmagnetismus der Sonne Schwankungen erleide, welche auf den der Erde Einfluß üben; aber man bemerkte, daß es unwahrscheinlich sei, daß die Sonne mit ihrer Temperatur von 5000° und mehr eigenen Magnetismus besitze. Ferner hat Lord Kelvin bewiesen (und dies ist zwingender), daß auch für eine mäßige Störung die Sonne so viel von ihrer Energie in Gestalt von elektromagnetischen Wellen aufwenden müßte, als sie in vier Monaten in Form von Licht und Wärme aussendet, was ganz unwahrscheinlich, auch unmöglich ist.

Nachdem Faraday bewiesen hatte, daß der Sauerstoff magnetisch ist, und daß sein Magnetismus beim Erwärmen abnimmt, hat man angenommen, daß die Sonnenstrahlung, die nacheinander auf verschiedene Teile der Atmosphäre einwirkt, hier eine Verschiebung der magnetischen Kraftlinien erzeugt, welche auf die Magnetnadel wirkt. Aber C. Nordmann, der sich eingehend mit dieser Frage beschäftigte,

[1]) Memorie delle Società delle spettroscopisti Italiani **33**. p. 38.

hat bewiesen, daß die magnetischen Eigenschaften der Atmosphäre nur einen minimalen Einfluß auf die Bewegungen der Magnetnadel haben können.

Man hat sich gedacht, daß die erdelektrischen Ströme mit ihren Schwankungen die des Erdmagnetismus erzeugen können; aber Schuster hat unwiderlegbar bewiesen, daß die Kräfte, welche es auch sein mögen, die diese Schwankungen des Erdmagnetismus erzeugen, außerhalb der Erde existieren müssen; und ferner hat Airy bewiesen, daß kein Zusammenhang existiert zwischen den magnetischen Schwankungen und den Erdströmen, welche regelmäßig auf der Sternwarte in Greenwich registriert werden.

Balfour Stewart hat zur Erklärung der Schwankungen des Erdmagnetismus angenommen, daß in der Atmosphäre elektrische Ströme kreisen, deren Intensität modifiziert werde durch die Sonnenstrahlung. Solche Ströme könnten wirklich erzeugt werden von der Induktion der Erde auf die Massen der Luft, welche in den hohen Regionen der Atmosphäre sich bewegen; aber einerseits ist das erdmagnetische Feld zu schwach, um induzierte Ströme zu erzeugen, die fähig sind, die Schwankungen des Erdmagnetismus zu erklären; anderseits folgt aus den Versuchen von Bouty, daß in den verdünnten Gasen die Elektrizität nicht wandern kann infolge von Potentialdifferenzen, die unter einer bestimmten Grenze liegen.

Nordmann nimmt an, daß die Sonne zugleich mit andern Manifestationen ihrer Tätigkeit Hertzsche Wellen aussendet, die man jedoch an der Erdoberfläche nicht hat nachweisen können, auch nicht auf dem Montblanc, wie er es versucht hat, weil sie von den höhern Luftschichten absorbiert werden. Darum würde diese verdünnte Luft unter der Wirkung der Hertzschen Wellen fähig werden (in gewissen Fällen, wie es Righi nachgewiesen), auch intensive Ströme unter kleiner Potentialdifferenz zu erzeugen; von diesen Strömen würden sich Schwankungen der Intensität des Erdmagnetismus ableiten. Aber die Hertzschen Wellen pflanzen sich mit Geschwindigkeiten fort, gleich der des Lichtes, und sie pflanzen sich nach allen Richtungen fort; somit müßten die magnetischen Störungen unmittelbar auftreten bei der Bildung und Umbildung der Flecke oder bei der Entstehung eines andern Phänomens der Sonnentätigkeit, und zwar in jedem Punkte der Sonnenkugel, in dem es auftritt; dies entspricht nicht dem, was Marchand, Maunder, Ricco u. a. gefunden haben.

Goldstein und Deslandres nehmen an, daß die Sonne in normaler Richtung zu ihrer Oberfläche Kathodenstrahlen aussendet, welche auf den Erdmagnetismus wirken, was sicherlich wahrscheinlich ist; aber es scheint, daß auch die Geschwindigkeit dieser Strahlen größer ist als diejenige, mit welcher die Fortpflanzung des Einflusses der Sonnenflecke auf den Erdmagnetismus wirklich stattfindet.

Arrhenius hat eine ähnliche Hypothese aufgestellt, nämlich, daß

die Sonne Ionen aussendet, d. h. elektrisierte Teilchen, welche von der Sonnenoberfläche abgestoßen werden infolge des Strahlungsdruckes (Bartoli-Maxwell); indem diese Ionen die Erde erreichen, erzeugen sie hier die Polarlichter und die magnetischen Störungen. In der Tat ist zu bemerken, daß die Geschwindigkeit der Ionen etwa die Größenordnung erreichen kann, die man für das Sonnenagens gefunden, welches die magnetischen Störungen erzeugt.

Bigelow glaubt, daß man a priori die Magnetisierung der Sonne nicht leugnen könne wegen ihrer hohen Temperatur, da die Konstitution der Sonne sehr verschieden sei von derjenigen der Magnete, an denen das Experiment das Verschwinden des Magnetismus beim Erwärmen auf hohe Temperatur bewiesen hat, und dies ist ganz richtig. Er behauptet, daß wegen der verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten unter den verschiedenen Breiten in den die Sonne zusammensetzenden Materien Wirbel entstehen, in denen elektrische Ströme kreisen, so daß sie magnetisch polarisierte Röhren bilden, und die ganze Masse der Sonne magnetisch wird und daher fähig, auf den Erdmagnetismus zu wirken. Er nimmt auch in Teilen der Sonne eine Emission von Kathodenstrahlen und von Ionen an, die auf den Magnetismus und die Elektrizität der Erde und der Atmosphäre wirken.

Aus allen diesen Hypothesen ergibt sich, daß es an Mitteln, die Wirkung der Sonne auf den Erdmagnetismus zu erklären, nicht fehlt; es ist gleichfalls klar, daß die genannten Theorien Schwierigkeiten darbieten, welche zu ihrer Überwindung weitere Studien von seiten der Physiker und Astronomen verlangen.

Planeten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1903. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [1]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte als neu entdeckt eingereiht worden:

	Bezeichnung				Entdeckung		
(488)	Kreusa . . .	1902	Juni	26	von	Wolf	Königstuhl
(489)	JM	1902	Sept.	3	„	Carnera	Königstuhl
(490)	JP	1902	„	3	„	Wolf	Königstuhl
(491)	Carina . . .	1902	„	3	„	„	Königstuhl
(492)	JR	1902	„	3	„	„	Königstuhl
(493)	Griseldis . .	1902	„	7	„	„	Königstuhl
(494)	JV	1902	Okt.	7	„	„	Königstuhl
(495)	KG	1902	„	25	„	„	Königstuhl
(496)	KH	1902	„	25	„	„	Königstuhl
(497)	KJ	1902	Nov.	4	„	Dugan	
(498)	Tokio . . .	1902	Dez.	2	„	Charlois	Nizza
(499)	KX	1902	„	24	„	Wolf	Königstuhl
(500)	LA	1903	Jan.	16	„	„	Königstuhl
(501)	LB	1903	„	18	„	„	Königstuhl
(502)	LC	1903	„	19	„	„	Königstuhl
(503)	Evelyna . .	1903	„	19	„	Dugan	Königstuhl

[1]) Vierteljahrsschr. d. astron. Ges. **39**. p. 35.

	Bezeichnung	Entdeckung			
(504)	LK	1902 Juni 30	„	Bailey	Harvard College
(505)	LL	1902 Aug. 21	„	Frost	
(506)	LN	1903 Febr. 17	„	Dugan	Königstuhl
(507)	Laodica . . .	1903 „ 19	„	„	
(508)	LQ	1903 April 20	„	„	
(509)	LR	1903 „ 28	„	Wolf	
(510)	LT	1903 Mai 20	„	Dugan	
(511)	LU	1903 „ 30	„	„	
(512)	LV	1903 Juni 23	„	Wolf	
	LY	1903 Aug. 24	„	„	
	MB	1903 „ 24	„	„	
	ME	1903 Sept. 20	„	„	
	MG	1903 „ 20	„	Dugan	
	MO	1903 Okt. 20	„	„	
	MP	1903 „ 20	„	„	

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	☊		i		φ		a	Berechner
(488)	87°	21.0′	11°	20.3′	6°	41.4′	3.14	Berberich
(489)	167	30.4	13	25.0	3	47.3	3.15	„
(490)	179	6.3	9	21.4	4	48.4	3.18	Münch
(491)	175	54.6	18	56.8	3	42.9	3.20	Lassen
(492)	47	8.3	1	39.5	10	34.3	3.10	Hessen
(493)	358	34.6	15	25.6	9	17.9	3.13	Berberich
(494)	38	57.0	7	10.1	3	47.0	2.98	P. V. Neugebauer
(495)	186	20.9	2	14.3	8	28.4	2.48	„
(496)	206	38.0	3	37.2	4	15.5	2.18	Berberich
(497)	6	55.1	4	53.7	17	25.7	2.84	„
(498)	98	7.9	9	29.7	12	26.0	2.64	P. V. Neugebauer
(499)	256	38.0	2	0.4	13	34.5	3.92	Berberich
(500)	290	23.0	9	47.2	8	8.4	2.61	„
(501)	357	35.6	20	55.6	8	0.5	3.16	Berberich
(502)	132	37.8	25	3.6	10	20.9	2.38	Osten
(503)	69	15.9	5	3.2	10	8.1	2.73	Berberich
(504)	105	15.0	12	58.9	12	30.5	2.72	Osten
(505)	89	58.0	9	34.0	17	37.8	2.96	„
(506)	313	30.9	16	53.3	8	19.8	3.04	Berberich
(507)	295	7.9	9	33.4	5	47.8	3.16	Bauschinger
(508)	45	15.0	13	24.0	0	40.8	3.16	Berberich
(509)	218	50.9	19	26.4	13	30.5	3.05	„
(510)	203	17.0	9	29.0	11	31.3	2.63	„
(511)	108	47.2	15	49.5	11	6.8	3.16	Wegener
(512)	107	3.9	8	40.0	14	23.5	2.17	Berberich
(LY)	185	43.2	9	28.5	5	0.2	3.01	P. V. Neugebauer
(MB)	270	27.4	3	52.2	2	23.6	3.05	Berberich
(ME)	122	2.2	2	0.9	10	3.6	3.11	„
(MG)	330	29.9	13	3.9	15	54.1	2.68	Berberich
(MO)	203	51.6	6	37.8	12	42.5	2.52	„
(MP)	45	21.7	10	53.0	10	31.0	2.78	„

„Bemerkenswert unter diesen Elementen, sagt Lehmann, sind besonders diejenigen des Planeten (499), nach denen der letztere in seinem Aphel dem Jupiter außerordentlich nahe kommen kann.

Große Annäherung an Jupiter können erreichen:

(488) mit Δ_0 =	1.71	(505) mit Δ_0 =	1.64
(492)	1.79	(506)	1.82
(493)	1.95	(509)	1.76
(497)	1.74	(511)	1.68
(499)	0.61	(ME)	1.80
(501)	1.87	(MG)	1.82

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann.

Größere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei den Planeten:

	☊	i	φ	a
(488)	☊ = 87.3°	i = 11.3°	φ = 6.7°	a = 3.14
(259)	88.5	10.7	6.3	3.15
(469)	88.8	12.8	8.4	3.33
(491)	☊ = 175.9	i = 18.9	φ = 3.7	a = 3.20
(483)	175.6	18.7	3.0	3.43
(492)	☊ = 47.1	i = 1.7	φ = 10.6	a = 3.10
(223)	48.7	1.9	7.0	3.09
(495)	☊ = 186.3	i = 2.2	φ = 8.5	a = 2.48
(124)	188.5	2.9	4.5	2.63
(498)	☊ = 98.1	i = 9.5	φ = 12.4	a = 2.64
(410)	96.4	9.5	12.5	2.83
(503)	☊ = 69.3	i = 5.1	φ = 10.1	a = 2.73
(394)	68.2	6.3	13.2	2.77
(506)	☊ = 313.5	i = 16.9	φ = 8.3	a = 3.04
(285)	312.2	17.3	11.9	3.06
(LY)	☊ = 185.7	i = 9.5	φ = 5.0	a = 3.01
(69)	186.7	8.5	9.7	2.98
(ME)	☊ = 122.0	i = 2.0	φ = 10.1	a = 3.11
(268)	121.8	2.4	7.8	3.09
(MO)	☊ = 203.9	i = 6.6	φ = 12.7	a = 2.52
(67)	202.9	6.0	10.8	2.42

Von den 15 Planeten (475) und (481) — (494), welche seit dem letzten Berichte zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (482), (483), (484), (491), (492), (504) und (505) in der zweiten Erscheinung beobachtet; von ältern bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(470)	in	der	3.	Erscheinung
(406)	,,	,,	7.	,,
(399)	,,	,,	8.	,,
(383)	,,	,,	9.	,,
(327)	,,	,,	10.	,,

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1903 neu entdeckten, beträgt somit gegenwärtig 90.



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Allgemeines Aussehen der Sonnenkorona am 28. Mai 1900.

Jahrbuch XV, 1904.
Tafel I.

Von den in frühern Berichten noch nicht mit Namen versehenen Planeten sind inzwischen (bis Februar 1904) die folgenden benannt worden:

(357)	Ninina	(456)	Abnoba
(360)	Carlova	(458)	Hercynia
(368)	Haidea	(462)	Eriphyla
(383)	Janina	(482)	Petrina
(395)	Delia	(483)	Seppina
(396)	Aeolia	(484)	Pittsburghia
(440)	Theodora		

Beobachtungen des Planeten Venus 1903. Vom 18. bis 25. Juli 1903 hat Percival Lowell den Planeten Venus bei jeder günstigen Gelegenheit an seinem großen Refraktor beobachtet. Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit zuverlässiger Wahrnehmungen an diesem Planeten und die Möglichkeit psychischer Illusionen hat der Beobachter alle Sorgfalt angewendet, um sich vor Selbsttäuschungen zu schützen. Man weiß, daß die Scheibe der Venus nur höchst selten matte Stellen zeigt, die sich durch Dunkelheit oder Helligkeit von dem Hintergrunde abheben, und daß es Prof. Schiaparelli nur mit Mühe gelungen ist, zu dem wahrscheinlichen Ergebnisse zu kommen, daß (wie beim Merkur) die Umdrehungsdauer der Venus um ihre Achse der Umlaufsdauer um die Sonne gleich ist. Dieses Ergebnis ist von andern, meist jedoch von Nicht-Fachastronomen, die zudem an kleinen Instrumenten ihre Wahrnehmungen machten, bestritten worden, indem sie auf Grund derselben behaupteten: Venus zeige eine Umdrehung von etwa 24 Stunden ähnlich der Erde. Dagegen hat Percival Lowell schon im Herbste 1896 Flecke auf der Venusscheibe gesehen, aus denen er auf die gleiche Rotationsdauer wie Schiaparelli schloß. Die Flecke erschienen damals lang und schmal, und Lowell hat danach eine Karte der Venusoberfläche entworfen, die auf Tafel IV des Sirius, Jahrgang 1897, wiedergegeben ist. Dort finden sich auch die Namen, welche P. Lowell den einzelnen Flecken und Streifen beigelegt hat. Im Jahre 1903 hat er nun abermals Beobachtungen der Venus bei günstigem Stande derselben unternommen, um die Frage der Rotation dieses Planeten einer neuen Prüfung zu unterziehen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Sicherung vor subjektiven Täuschungen, besonders solchen, welche verursachen, daß einzelne schwache Eindrücke zu einer Linie summiert werden. Dieses wird nach den Erfahrungen von Lowell völlig vermieden dadurch, daß man das Auge nicht schweifen läßt, sondern still hält. Dies ist schwieriger, als man sich vorstellt, denn das Auge hat ein natürliches Bestreben, behufs Wahrnehmung herumzuschweifen, und es ist schwer, dasselbe im Zaume zu halten.

Von den Eigentümlichkeiten, welche die Venusscheibe zeigt, gibt es nach Lowell zwei Arten. Die Einkerbungen an der Lichtgrenze und das Band um den Südpol mit den beiden Flecken darauf wie Perlen gehören zu der erstern und am meisten augenfälligen

Klasse. „An ihrem Vorhandensein“, sagt Lowell, „habe ich nie gezweifelt, und sie allein genügen, um zu zeigen, daß dieser Planet eine Rotation von 225 Tagen besitzt. Die zweite Art von Flecken ist weit schwieriger zu sehen; hierhin gehören lange Schatten, welche von der Lichtgrenze ausgehen und sich gegen den Mittelpunkt der Scheibe hin erstrecken. Diese letztern, sowohl wegen ihrer Schwäche, als wegen ihrer verdächtigen Gestalt, sind am meisten fraglich und erfordern kritische Aufmerksamkeit.

Die Beobachtungen des Jahres 1903 bestätigen das Vorhandensein mehrerer Flecke beider Gattungen, die früher, 1896 bis 1897 und 1901, von Lowell gesehen worden waren. Das Band am Südpole und die beiden Flecke Astoreth und Ashera, welche in der Venuskarte von 1897 figurieren, wurden auch dieses Mal sehr bestimmt wieder erkannt, und ähnlich zeigten sich auch die dunkeln Auszahnungen an der Lichtgrenze in den äußern Enden von Anchises regio und Hero regio. Was die andere Art von Flecken anbelangt, so war der Nachweis ihres wirklichen Vorhandenseins ein doppelter. Zunächst erschienen die Linien, welche die eigentümlichen Konfigurationen zeigen, genau wieder an der Stelle der Venusoberfläche, wo sie sich 1897 und 1901 gezeigt hatten. Dieses alles ist schon ein strenger Beweis ihrer Realität. Dann erschienen sie aber auch zuzeiten mit einer solchen Deutlichkeit und Bestimmtheit, daß jeder Verdacht, es könne sich um eine optische Illusion handeln, fortfallen mußte. Am 27. Mai fand Lowell, als er das Fernrohr von Venus auf Mars richtete, die Details auf der Scheibe des letztern nicht so scharf als die der Venus, doch stand Mars tiefer als letztere. Lowell fand dieses Mal auch wieder bestätigt, was er schon 1896 bis 1897 erfahren hatte, nämlich: daß die Flecke um so leichter sichtbar sind, je mehr die Venusscheibe voll belichtet erscheint. Diese Eigentümlichkeit war unabhängig von der Höhe des Planeten über dem Horizonte, sie hängt also nicht von den irdischen Luftzuständen, sondern von der mehr oder weniger senkrechten Beleuchtung der Venusoberfläche durch die Sonne ab; je senkrechter die Sonnenstrahlen auffallen, um so besser werden diese Streifen sichtbar. Dies ist augenscheinlich der Grund, weshalb gewisse Streifen unsichtbar werden, wenn sie von dem Mittelpunkte der Scheibe fortrücken und andere in Sicht treten, wenn sie sich diesem Teile derselben nähern. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist es unabweisbar, bei Zeichnungen nur solche untereinander zu vergleichen, welche nahe bei gleicher Phase aufgenommen wurden. Geschieht dieses, so findet man vollständige Übereinstimmung der Zeichnungen der Venusoberfläche, welche Schiaparelli 1877 Dezbr. 9., 14., 21., 1895 Juli 5. und 30. angefertigt hat, mit derjenigen, die Lowell 1903 Juni 23., 12h 5m M. Z. erhielt.

Eine neue Bestimmung der Richtung der Rotationsachse des Mars hat P. Lowell ausgeführt. Es gibt bekanntlich zwei Methoden,

um die Lage der Rotationsachse des Mars im Raume zu bestimmen; die eine besteht darin, die Veränderung in der Position der Flecke auf der Marsscheibe bei der Umdrehung des Planeten festzustellen, die andere ist indirekt durch Berechnung aus der Präzession der Knoten- und Apsidenlinie der Bahnebenen seiner beiden Monde. Schiaparelli hat erstere Methode mit Erfolg angewandt, Struve in seiner trefflichen Abhandlung die letztere. Die Ergebnisse beider Untersuchungen stehen jedoch nicht in besonders guter Übereinstimmung, und Lowell hat deshalb eine neue Bestimmung unternommen. Er benutzte dabei die Methode der direkten Beobachtung der Flecke auf der Marsscheibe, wobei besonders der nördliche Polarfleck, der sehr nahe beim nördlichen Umdrehungspole des Mars liegt, vortreffliche Dienste leistete. Ganz besonders war die Opposition des Mars in den Jahren 1901 und 1903 für eine solche Untersuchung günstig, denn der nördliche Polarfleck war damals nahe am kleinsten und auch sonst für die Beobachtungen günstig gelegen. Die Berechnung der Beobachtungen Lowells während der beiden Oppositionen ergab diesem folgende definitiven Mittelwerte:

Projektion des Nordpoles des Mars auf die Himmelskugel (für 1903), Rektaszension 315° 32′, Dekl. + 54° 51′. Durchschnitt des Marsäquators mit der Marsbahn: Rektaszension 85° 56′ Dekl. + 24° 32′. Neigung des Marsäquators gegen die Marsbahn 22° 55′. Diese Ergebnisse stimmen mit den von Schiaparelli 1882, 1884 und 1886 erhaltenen befriedigend überein, während die Struveschen merklich von beiden abweichen.

Barnards Beobachtungen über die südliche Polarzone des Mars. In den Jahren 1892 und 1894 hat Prof. E. E. Barnard am 36-zölligen und ebenso am 12-zölligen Refraktor der Lickstemwarte die südliche Polarkappe des Mars, die uns bei den großen Annäherungen des Mars zur Zeit von dessen Opposition sehr günstig zu Gesicht kommt, genauer beobachtet. „Obgleich, sagt dieser berühmte Beobachter in dem Berichte über diese Untersuchungen,[1]) die allgemeinen Details der Marsoberfläche unrichtig wiedergegeben (misrepresented) seien, und obgleich die meisten Kanäle, einfache wie doppelte, nur Illusionen sein mögen, so sind die beiden Polarkalotten doch dieser allgemeinen Flut von Unsicherheit und Mißdarstellung entgangen. Sie bürgen für ihr Aussehen, mag ihre Beschaffenheit sein, welche sie wolle. Die südliche Polarkalotte hat seit den ersten teleskopischen Beobachtungen derselben Veränderungen ihrer Ausdehnung gezeigt, welche schon früh auf die Vermutung führten, daß diese durch Anhäufung von Schnee im Winter und durch Schmelzung desselben im Sommer der südlichen Marshemisphäre entstehen. Der Verlauf dieser Änderungen in der Größe der Polarzone ist bisher aber wohl nur an

[1]) Astrophysical Journ. **17**. p. 249.

Zeichnungen studiert worden, die bloß nach dem Augenmaße entworfen waren, und Prof. Barnard beschloß deshalb, die Ausdehnung des südlichen Polarfleckes durch Messungen mittels des Mikrometers festzulegen. Diese Aufgabe hat er während der Oppositionen des Mars in den Jahren 1892 und 1894 an dem großen Instrumente der Lickstermwarte durchgeführt und auch eine Reihe von Zeichnungen des Aussehens des Planeten erhalten, die er aber bisher noch nicht veröffentlichte. Die Messungen begannen am 12-zölligen Refraktor im Jahre 1892 am 3. Juli, 102 Tage vor dem Sommeranfange auf der südlichen Marshemisphäre, und wurden fortgesetzt bis zum 6. November, 24 Tage nach dem Sommeranfange für die erwähnte Halbkugel des Mars. Im Jahre 1894 wurde der 36-zöllige Refraktor benutzt, und die Messungen begannen am 21. Mai (103 Tage vor dem Sommeranfange der südlichen Marshalbkugel) und endigten am 11. November (71 Tage nach dem Sommersolstitium der Südhemisphäre des Planeten). Die Untersuchung ergab, daß die Abnahme der Ausdehnung des weißen Polarfleckes in beiden Jahren völlig übereinstimmend erfolgte, und ferner, daß die Abnahme über den Tag des Sommeranfanges hinaus noch fortdauerte, also über die Zeit der größten Erwärmung durch die Sonne. Dies entspricht durchaus den Verhältnissen auf der Erde, wo die höchste Lufttemperatur erst einige Zeit nach der stärksten Sonnenbestrahlung eintritt, und spricht sehr für das Vorhandensein einer Atmosphäre auf dem Mars. Dieselbe scheint zwar sehr viel weniger dicht zu sein als unsere irdische Lufthülle, allein sie ist dennoch hinreichend, um die Erscheinungen der Kondensation und Verdunstung der Feuchtigkeit herbeizuführen und ebenso, wenngleich selten, Wolkenbildungen zu erzeugen.“

Es wäre von Interesse, auch die Zunahme der südlichen Schneekappe beim Herannahen des Winters beobachtend zu verfolgen, allein dies scheint nach Lage der Verhältnisse unmöglich. Obgleich Mars im Jahre 1894 sorgfältig beobachtet wurde, so war doch nach dem 19. November keine Spur der südlichen weißen Kalotte zu sehen, sie schien völlig verschwunden zu sein. Bei verschiedenen Gelegenheiten war ein Teil der Grenze des weißen Polarfleckes von einem verdunkelnden Medium bedeckt, welches zu andern Zeiten verschwunden war, und das man mit guten Gründen für wolkenartiger Natur halten kann. Im Mai 1894 bedeckte der Polarfleck eine Fläche von etwa 950 000 *qkm*, aber Ende November war derselbe völlig verschwunden, anscheinend weggeschmolzen. Die rasche Abnahme des Fleckes scheint anzudeuten, daß, wenn er aus Schnee besteht, dieser nicht in dichten Schichten aufliegen kann, sondern nur als dünner Überzug besteht. Schnee, der auf der Erde nicht selten bis in mittlere Breitengrade hinab sich ausdehnt und dann in wenigen Tagen schmilzt, würde von der Venus aus gesehen eine ähnliche rasche Veränderung in der Ausdehnung der irdischen Polarzonen hervorrufen.

Die äußere Begrenzung der Polarkappe des Mars erschien oft unregelmäßig. Häufig konnte Prof. Barnard auf der Oberfläche derselben hellere Flecke, breite helle Linien und wechselnde dunkle Flecke erkennen. Ein großer, zeitweise dunkler Fleck war nahe in der Mitte der Polarkappe sowohl 1892 als 1894 sichtbar, um die Zeit, wo die Ausdehnung der weißen Kappe am größten erschien, er schien zu verschwinden wenn letztere abnahm. Einmal zeigte sich dieser zentrale Fleck von rötlicher Farbe, ähnlich derjenigen der sonstigen Oberfläche des Mars, und zu verschiedenen Malen erschien die Kappe deutlich doppelt. Die merkwürdigste Erscheinung aber war das Auftreten einer spitzigen Hervorragung am Rande der weißen Kalotte, und zwar an der nämlichen Stelle 1892 und 1894. Diese Hervorragung blieb als heller Punkt bestehen, nachdem die weiße Kalotte schon merklich zusammengeschmolzen war, und offenbar wird sie durch irgend eine Eigentümlichkeit der Oberfläche des Mars an jener Stelle verursacht. Man kann vermuten, daß sich daselbst eine große Bergkette befindet, auf deren Gipfel der Schnee noch liegen bleibt, wenn er ringsherum am Fuße schon geschmolzen ist. Auf solche Weise enthüllt uns wahrscheinlich die Schneeschmelze auf dem Mars das Vorhandensein dortiger Gebirge, die für uns sonst unwahrnehmbar bleiben würden. Bei Durchsicht der ältern Marsbeobachtungen fand Prof. Barnard, daß schon 1845 Mitchel in Cincinnati (mit einem 10½-zölligen Refraktor) diese weiße Hervorragung an der nämlichen Stelle des Mars gesehen hat, und zweifellos erscheint sie in jedem Marsjahre wieder, sobald die Schneekappe sich genügend zusammengezogen hat. Ihre Sichtbarkeit beginnt etwa 60 Tage vor dem Sommeranfange der südlichen Marshemisphäre und durchläuft ihre Veränderungen während des Zeitraumes von etwa einem Monate. Prof. Barnard macht auch darauf aufmerksam, daß schon N. E. Green bei seinen Marsbeobachtungen auf Madeira im Jahre 1877 jene weiße Spitze gesehen und einer Bergkette auf dem Mars zugeschrieben hat. Green gab einem der hellen Flecke den Namen Mitchelberg.

Im Jahre 1895 war die nördliche Polarzone am 6. Mai deutlich und bestimmt zu sehen, spurweise glaubte Prof. Barnard sie schon mehrere Monate früher erkannt zu haben. So bemerkte er am 23. Dezember 1894 einen starken bläulichen Glanz am Nordrande der Marsscheibe, und dieser wurde später wiederholt notiert, bis endlich die deutliche Spur der weißen Zone am Rande sichtbar wurde. Um einige Eigentümlichkeiten, welche die südliche Polarzone darbietet, vorzuführen, hat Prof. Barnard acht Zeichnungen aus den Jahren 1892 und 1894 ausgewählt und reproduziert, aber ohne die Details der umgebenden dunkeln Teile des Planeten. Die Zeichnungen von 1892 sind am 12-zölligen, diejenigen von 1894 am 36-zölligen Refraktor erhalten worden. Prof. Barnard bemerkt noch, daß während jener Opposition bei günstigen Luftverhältnissen die Details auf der Marsscheibe so zahlreich und kompliziert waren, besonders in

den dunkeln Regionen des Planeten, daß es unmöglich wurde, sie genau zu zeichnen. Von dem Netzwerke der feinen Kanäle, welches andere und minder erfahrene Beobachter schon mit 6-zölligen Fernrohren gesehen haben wollen, hat Barnard am großen Lickrefraktor nichts wahrgenommen.

Marsbeobachtungen während der Opposition von 1903 hat T.-E.-R. Phillips zu Croydon (England) an einem 9-zölligen Silberspiegelteleskop bei 217- und 450-facher Vergrößerung angestellt.[1]) Infolge der günstigen Witterung konnte sehr gut beobachtet werden, obgleich die Marsscheibe im Maximum nur 14.6″ Durchmesser zeigte. Das Zentrum der Scheibe hatte bei der Opposition 22.6° nördl. Br. auf dem Mars, gegen Mitte Mai 25°. Im ganzen wurde von Februar bis Ende Mai vom Beobachter 66 mal die Marsscheibe untersucht. Er fand die großen Flecken gut begrenzt, manchmal von hellen Regionen umgeben; sie waren nicht gleichförmig im Ton, sondern mit hellen und dunkeln Flecken besät. Mehrere Kanäle wurden gut gesehen, und der Beobachter zweifelt durchaus nicht an ihrer reellen Existenz, meint aber, bei genauer Betrachtung aus größerer Nähe würden sie merklich weniger regelmäßig (geradlinig) erscheinen. Die Versuche von Maunder[2]) und Evans beweisen nach ihm nur, daß wahrscheinlich einige dieser Kanäle optische Illusionen sind. Die Kanäle sind nach Phillips im einzelnen aber wahrscheinlich Gebilde von verschiedenartiger Beschaffenheit. Gesehen hat er deutlich u. a. die Kanäle: Callirhoe, Casius (hatte nicht das Aussehen eines Kanals), Cephissos, Ceraunius, Cerberus (doppelt und geradlinig, so wiederholt und unter den günstigsten Verhältnissen), Chaos, Choaspes, Chrysorrhoas, Cyclops (breit und leicht sichtbar), Deuteronilus, Erebus (sehr deutlich), Euphrates, Ganges, Gigas, Hades, Hyblaeus, Indus, Iris (als schmale Verlängerung von Ceraunius), Jamuna, Laestrygon, Magnes, Marsyas, Nepenthes (kurz, zeigt eine Anschwellung beim Durchschneiden von Lacus Moeris) Nilokeras (scharf im Norden, verwaschen im Süden, bei frühern Beobachtungen war er anormaler Weise doppelt erschienen), Nilosyrtis, Phison (schien die ziemlich scharfe Begrenzung des orangefarbenen Tones der Scheibe zu sein), Pierius, Protonilus (sehr dunkel und sehr leicht sichtbar; erschien am 12. Mai in einem 12½-zölligen Reflektor doppelt und ebenso am 14. Mai im 9-Zoller des Beobachters), Periphlegethon (breit und diffus), Thoth (schöne gerade Linie). Am 10. und 11. März, sowie am 17. April erschien ein neuer Kanal von Nilosyrtis (Länge 282°, Breite + 38°) gegen die kleine Syrte hin ziehend. Er wurde später nicht wieder gesehen, obgleich am 19. April Thoth sehr gut sichtbar

---

[1]) Monthly Notices. **64.** p. 39.
[2]) Dieses Jahrbuch. **14.** p. 33.

war. Die bekannten dunkeln Flecke oder Seen wurden ebenfalls gesehen, ein neuer dunkler Fleck, groß und schlecht begrenzt, bei der Vereinigung von Erebus und Titan (Länge 158°, Breite + 35°), sowie ein anderer großer dunkler Fleck in 277° Länge und + 66° Breite, der möglicherweise neu ist.

Was die nördliche Polargegend anbelangt, so erschienen die Regionen von + 70° Breite bis gegen den Pol hin im allgemeinen viel heller als das Zentrum der Scheibe und wurden gewöhnlich von einem dunkeln Saume begrenzt. Die Polarkalotte erschien am hellsten im Februar, anfangs März aber dunstig. Der Beobachter besteht nachdrücklich auf der Richtigkeit der Schiaparellischen Marsdarstellungen seit 1877.

Die Kanäle Thoth und Amenthes auf dem Mars sind von P. Lowell bezüglich ihrer Sichtbarkeitsverhältnisse untersucht worden.[1]) Die Erscheinung, um die es sich handelt, ist zuerst von Schiaparelli konstatiert worden; ein augenfälliger Vorgang dieser Art ereignete sich aber jüngst bei der Marsopposition von 1903, und Lowell bezeichnet ihn als Überwinterung (hibernation) eines Kanales während einer längern oder kürzern Zeit des Jahres, wofür man vielleicht besser Alternierung eines Kanales sagen könnte. Was die Beobachtung in dieser Beziehung ergeben hat, ist jedenfalls seltsam. Während einer Anzahl nacheinander folgender Oppositionen wird nämlich ein gewisser Kanal in einer bestimmten Marsregion deutlich und unzweifelhaft gesehen und stets wieder aufgefunden, aber bei einer folgenden günstigen Gelegenheit nicht mehr gesehen und bleibt mehrere Marsjahre hindurch unsichtbar, bis er plötzlich wieder in der alten Gestalt und Deutlichkeit da ist. Für dieses Verschwinden kann aber weder das Abbleichen der betreffenden Marsgegend, noch irgend ein anderer plausibler Grund angeführt werden, sondern der Kanal ist einfach verschwunden und kommt ebenso wieder zurück, scheinbar ohne Regel und Recht. Dieses Versteckenspiel steht auch völlig außer Beziehung zu der jahreszeitlichen Sichtbarkeit, welcher alle Marskanäle unterworfen sind, und deren spezielles Verhalten Lowell jüngst aufgedeckt hat. In den Sichtbarkeitswandlungen der hier ins Auge gefaßten Kanäle ist durchaus keine jahreszeitliche Periode nachweisbar, sondern eine solche von längerer Dauer. Rings um diese Kanäle vollzieht sich der jahreszeitliche Wandel der andern, sie selbst aber bleiben ausgeschlossen und verschwunden. Dieses sonderbare Verhalten hat schon Schiaparelli als eine nicht zu bezweifelnde Tatsache erkannt, obgleich es sehr schwierig zu erkennen und unbegreiflich erscheint. Bei der letzten Opposition des Mars aber ereignete sich ein Vorgang dieser Art, der infolge seiner Deutlichkeit und des

[1]) Lowell Observatory Bull. Nr. 8.

langen Zeitraumes, über den sich die Beobachtungen Lowells erstrecken konnten, diesem, seiner Überzeugung nach, den Schlüssel zur Lösung in die Hand gegeben hat.

Die Tatsachen sind folgende. Unter den ersten Kanälen, die Schiaparelli 1877 entdeckte, befinden sich drei, welche eine dreischenkelige Figur bilden; sie liegen östlich von der großen Syrte (Syrtis major) und erhielten von Schiaparelli die Namen Thoth, Triton und Nepenthes. Ausgehend von einem Punkte des Sinus Alcyonius, der jetzt den Namen Aquae Calidae trägt, zieht sich der Thoth südwärts und gegen Westen, bis er in 267° Länge und 15° nördl. Breite den Triton schneidet, der aus der Syrtis minor kommt und ebenfalls sich westwärts hin fortsetzt. In der gleichen Weise verhält sich Nepenthes. Auf dessen Wege liegt ein dunkler Fleck, der den Namen Lacus Moeris erhalten hat. Einige dieser Oberflächenteile sind leichter zu sehen als andere, der deutlichste von allen ist der Lacus Tritonis, ein dunkler Fleck im Schnittpunkte der drei Kanäle; aber daß keiner dieser Kanäle und Flecke sehr schwierig zu erkennen ist, ergibt sich daraus, daß diese Kanäle schon in den frühesten Beobachtungen Schiaparellis erwähnt werden. Er entdeckte den südlichsten zuerst, Thoth wurde erst im März 1878 gesehen, als die Länge der Sonne für den Mars 7° über den Frühlingspunkt hinaus betrug (dem 27. März bei uns entsprechend). Damals müssen diese Kanäle zu den deutlichsten überhaupt sichtbaren gehört haben, denn Schiaparelli sah bei jener Opposition weder den Phison, noch den Euphrates, die doch relativ leichte Objekte sind. Ungefähr den nämlichen Anblick boten die drei Kanäle, als Schiaparelli sie bei der Opposition des Mars 1879 beobachtete. Die einzige wichtige Veränderung bestand darin, daß die Syrtis major sich westwärts bis zu Nepenthes hin ausgedehnt hatte. Lacus Moeris war noch vorhanden, während Triton sich wie früher von der Spitze der Syrtis minor gegen Hesperia hin erstreckte, und zwar gegen die Bucht auf der östlichen Seite der Halbinsel. Bei der nächsten Opposition des Mars zeigte sich eine bemerkenswerte Veränderung, deren volle Bedeutung damals nicht erkannt wurde. Schiaparelli sah an dem Orte, wo Thoth sich befunden, zwei Linien, die er für eine Verdopplung dieses Kanales hielt, und von denen eine dem alten Verlaufe des Thoth folgte, während die andere geradenwegs von Sinus Alcyonius zur Syrtis minor lief oder genauer zum Vereinigungspunkte von Triton und Lethes. Diese Linie war nicht der alte Thoth, sondern etwas Unerwartetes von größerer Wichtigkeit. Die Zeiten des Erscheinens von Thoth waren: 1881 November (Sonnenlänge auf dem Mars 351° vom Frühlingspunkte), im Dezember (Sonnenlänge 6°), und darauffolgend 1882 Januar 29 (Sonnenlänge 27°), Februar 6 (Sonnenlänge 31°) und März 10, 11 (Sonnenlänge 45° und 46°). Am 3. Februar 1882 (Sonnenlänge auf dem Mars 30°) erschien der Kanal Schiaparelli doppelt wie oben angeführt wurde.

Im Jahre 1884 erschien Thoth in Wirklichkeit doppelt, und die westliche Linie war nach Schiaparelli beträchtlich stärker als die andere. Daß kein Arm weiter als bis zur Vereinigung mit Nepenthes sich erstreckte, beweist, daß wirklich der Thoth gesehen wurde. Im Jahre 1886 war Thoth sichtbar vom Februar bis Mai (Sonnenlänge auf dem Mars 68° bis 117°) als verwaschener Streifen; 1888 zeigte er sich April 29 (S. L. 126°), Mai 8 (S. L. 131°), Juni 2 bis 13 (S. L. 146°), Juli 21 (S. L. 169°). Im April war er verwaschen, im Juni doppelt, anfangs zweifelhaft, später, am 12. und 13. Juni bestimmt.

„Hier haben wir demnach, sagt Lowell, ein System von Kanälen und Flecken, welche sechs Marsjahre hindurch dauernde und im wesentlichen unveränderliche Bildungen der Marsoberfläche darstellten. Man mag sich daher mein Erstaunen ausmalen, als ich am Beginne meiner Beobachtungen 1894 keine Spur dieses ganzen Komplexes wahrzunehmen vermochte. Weder von Thoth, noch von Triton, noch von Nepenthes oder dem Lacus Moeris war eine Spur zu sehen, dennoch aber bewiesen die Sichtbarkeitsverhältnisse der übrigen Marskanäle, daß ich die Marsscheibe wohl so deutlich sah, als sie von Schiaparelli gesehen worden ist. Denn nicht nur waren tatsächlich alle sonstigen Kanäle, die dieser Astronom wahrgenommen, vorhanden, sondern auch noch schwächere. Und das nämliche galt von den dunkeln Flecken, von denen eine Anzahl solcher, die Schiaparelli nie gesehen, über der Marsscheibe zerstreut waren. Statt des Thoth zeigte sich ein anderer Kanal in gerader Erstreckung über die Scheibe von Syrtis minor bis Aquae Calidae. Dieser Kanal war so unzweifelhaft vorhanden, wie Schiaparelli den Thoth früher wahrgenommen; er war unter den ersten, die gesehen wurden, und blieb mit unverminderter Deutlichkeit bis zum Ende der Beobachtungen sichtbar. Die Daten für seine Wahrnehmung sind: Juli 10 (S. L. 240°), August 14 (S. L. 262°) und Oktober 21 (S. L. 304°). Ich bezeichne ihn als Amenthes, indem ich ihn mit dem von Schiaparelli in der Karte seiner Beobachtungen von 1877 bis 1878 so genannten Kanal identifiziere. Übrigens erwähnt er ihn im Texte zu seinen Karten nicht, denn er sah ihn nur 1881 und 1882 und hielt ihn dann für den Thoth. Ungeachtet dessen war er 1894 der augenfälligste der Kanäle in jener Marsgegend. Die Unsichtbarkeit des Thoth dauerte nach meinen Beobachtungen während der folgenden Opposition des Mars 1896 bis 1897 und 1901 fort; 1898 bis 1899 war ich durch Krankheit verhindert zu beobachten. Ich zeichnete den Kanal 1896 am Juli 28 (S. L. 279°), August 26 (S. L. 297°), September 2 (S. L. 301°), Oktober 5 bis 9 (S. L. 321°) als einfach; 1897 Januar 12 bis 19 (S .L. 13°), Februar 21 (S. L. 30°) und März 1 (S. L. 34°) auch noch als einzeln, aber im Januar war er anscheinend im Begriffe, sich zu verdoppeln, und im Februar war er wirklich doppelt. Im Laufe dieser Oppositionen haben einige andere Beobachter den Thoth wahrgenommen und ebenso den Lacus Moeris, ich selbst habe sie

trotz aller Mühe nicht gesehen und kam zu dem Ergebnisse, daß Thoth und Amenthes ein und derselbe Kanal seien, und deren Verschiedenheit nur im Irrtume der Zeichnung zu suchen wäre. Der Amenthes erschien mir während der ganzen Zeit als die augenfälligste Linie oder richtiger als Linienpaar, denn er war 1901 meistenteils doppelt. In der Opposition von 1903 zeigte sich Amenthes anfangs als verwaschener, schmaler Doppelkanal, am 16. Februar vermutet, wurde er vom 18. bis 23. bestimmt gesehen. Von Thoth geschieht dagegen keinerlei Erwähnung, weder in den Beschreibungen, noch auf den Zeichnungen. Als die in Rede stehende Marsregion im März wieder sichtbar wurde, war Amenthes wieder da, aber schwächer als im Februar. Der Kanal war am Verschwinden, wie eine spezielle Bemerkung im Beobachtungsjournal hervorhebt, von Thoth dagegen keine Spur zu sehen. Die Beobachtungen geschahen in der Zeit vom 18. bis 23. Februar (S. L. 87°) und vom 19. bis 28. März (S. L. 106°). Mit dem Monate April zeigte sich eine neue Ordnung der Dinge. Als die betreffende Marsregion am 16. zuerst wieder sichtbar wurde, war Amenthes noch zu sehen und allein; aber am 19. als diese Gegend näher auf der Mitte der Scheibe stand, war ihm längsseitig Thoth ebenfalls sichtbar. Am 20. April (S. L. 114°) zeigte sich Thoth allein, genau so, wie ihn Schiaparelli gezeichnet hatte, begleitet von Triton und dem gekrümmten Nepenthes. Es war wie eine Offenbarung. „Was ich", fährt Lowell fort, „vorher nur geistig in den Zeichnungen anderer gesehen, stand mir offen vor meinen Augen, und Amenthes, an den ich solange gewöhnt gewesen, war verschwunden, nur ab und zu konnte eine Spur von ihm gesichtet werden. Die ganze Metarmophose machte mich so stutzig, daß ich anfangs meinen Augen nicht traute, aber es blieb kein Zweifel, der Amenthes war verschwunden, und Thoth statt seine rsichtbar geworden. So fuhr er fort zu erscheinen bis zum 30. April, und auch Lacus Tritonis war deutlich zu unterscheiden. Bei der nächsten Sichtbarkeit dieser Gegend, vom 26. Mai bis 8. Juni (S. L. 133°), wiederholte sich die Erscheinung mit zunehmender Deutlichkeit, und plötzlich am 29. Mai sah Lowell auch den längst aufgegebenen Lacus Moeris. Er war es unbestreitbar, und seine Deutlichkeit nicht das am wenigsten Auffallende dieses Phänomens". So oft hatte Lowell vergeblich danach gesucht, jetzt stand er plötzlich vor seinen Augen, ungesucht, als kleiner runder Fleck wie jede andere „Oase", mittels des Nepenthes wie eine Perle am Ohr der Syrtis minor hängend. Denn die Lybiabai zeigte eine dunkle Hervorragung von der Art der hoch oben an der östlichen Syrte, von welcher Nepenthes, genau wie Schiaparelli ihn gezeichnet, in gekrümmter Linie zu dem Punkte zog, wo Thoth und Triton zusammentreffen. Alle drei Kanäle erschienen doppelt, die Doppellinien etwa 3° der Marskugel voneinander entfernt. Nun ereignete sich der letzte Akt des Dramas. Im Juli erschien der Kanal Amenthes wieder, Seite an Seite mit Thoth-Triton, auch war er in der Zwischen-

zeit (Juni, Juli) stärker geworden, während Thoth-Triton abgenommen hatte. Die Linie war im Begriff, in den frühern Status zurückzusinken. „Wären", sagt Lowell, „diese drei Erscheinungen nicht beobachtet worden, und wäre die kurze Sichtbarkeit des Thoth-Triton unbeachtet geblieben, so würde damit das Verständnis dieser Vorgänge nicht möglich sein." Zunächst findet Lowell die von ihm schon lange gewonnene Überzeugung bestätigt, daß, wenn eine augenfällige Diskordanz in den Darstellungen des Verlaufes eines Kanales besteht, dies gewöhnlich nicht auf einem Irrtum oder einer Veränderung beruht, sondern auf unrichtiger Identifizierung; der Kanal hat weder seinen Ort verändert, noch der Beobachter sich geirrt, vielmehr ist das eine Mal ein bestimmter Kanal sichtbar gewesen, das andere Mal ein anderer. So war es auch im obigen Falle, und unter diesem Gesichtspunkte werden die ältern wie die neuern Wahrnehmungen übereinstimmend. Die genauere Untersuchung der Aufzeichnungen über die Sichtbarkeitsverhältnisse der beiden Kanäle zusammen mit ihrem Verhalten in bezug auf den jahreszeitlichen Charakter der Region, in der sie sich befinden, enthüllt weiter eine merkwürdige Beziehung zwischen beiden. Die Jahreszeit (wie sie in den Sonnenlängen für Mars sich ausspricht) ist entscheidend für die Vorgänge während des Marsjahres überhaupt. Gemäß diesem geordnet, läßt das sukzessive Aussehen eine saisonmäßige Änderung bei jedem der beiden Kanäle erkennen, überdies aber noch eine andere von säkularem Charakter, d. h. von langer Periode. Diese letztere Veränderung ist es eben, welche verursacht, daß die beiden Kanäle in ihrer Sichtbarkeit alternieren; ist der eine vorhanden, so fehlt der andere und umgekehrt. Nur zwei scheinbare Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel ereigneten sich. Die eine trat 1881 ein, wurde aber nicht erkannt als solche, und es fehlte an Daten zu ihrer Erklärung; die zweite ereignete sich 1903, bezüglich ihr liegen Beobachtungsdetails vor, und diese werfen ein helles Licht auf den ganzen Gegenstand. Aus der großen Zahl von Zeichnungen des Mars während der Opposition von 1903 hat Lowell Kurven der Sichtbarkeit für 85 Kanäle abgeleitet, welche die Zeit angeben, zu welcher jeder derselben im Minimum seiner Sichtbarkeit sich befand. Werden diese Angaben über das Verhalten der Kanäle nach deren Abstand von der nördlichen Schneezone auf dem Mars geordnet, so findet sich für jenes Minimum ein stetig späteres Datum, je weiter man sich von dem Pole gegen den Äquator hin entfernt. Von dieser allgemeinen Regel machten Thoth, Triton, Nepenthes und Amenthes eine augenfällige Ausnahme. Die Breite, unter der auf dem Mars der Kanal Thoth liegt, ist 21° nördl., bei Amenthes ist sie 15° nördl. Nun sollte nach obiger Regel von 21 bis 15° mittlerer nördl. Breite auf dem Mars das Minimum der Sichtbarkeit 42 Tage nach dem Sommersolstitium eintreten. Für Thoth aber ergaben sich dafür nur 25, für Amenthes 68 Tage, beide erschienen also außer der Regel, Thoth-

Triton zu früh, Amenthes zu spät, während der Mittelwert aus beiden Angaben genau dem Datum für jene nördliche Breite entspricht. Weiter ergab die Prüfung durch Lowell, daß zuerst Amenthes allein gesehen war, und zwar im Stadium der Abnahme, dann als letztere fortschritt, wurde Thoth zunehmend sichtbar, und als dieser endlich wieder abnahm, begann Amenthes zuzunehmen. Diese Tatsachen führen zu bedeutungsvollen Schlüssen. Da wir gegenwärtig wissen, daß Wasser in flüssiger Gestalt in großen Meeresbecken auf dem Mars nicht vorhanden ist und verhältnismäßig wenig auch in fester Form, so können wir die lokalen Veränderungen von Jahr zu Jahr nicht erklären. Auch lassen sich die oben angegebenen Änderungen durchaus nicht durch etwaige Überschwemmungen deuten, denn wenn durch solche auch ein neuer Kanal gefüllt uns dadurch sichtbar würde, so würde deshalb der andere nicht verschwinden, auch können rein meteorologische Verhältnisse keine Erklärung liefern, welche die alternierende Sichtbarkeit der beiden Kanäle verständlich macht. Lowell kommt daher zu dem Schlusse, daß die abwechselnde Ab- und Zunahme der beiden Kanäle überhaupt aus natürlichen Ursachen nicht zu erklären ist, sondern nur durch künstliche Veranstaltungen seitens der Marsbewohner. Diese haben nach seiner Überzeugung Vorrichtungen getroffen, um die relativ geringe Wassermenge, welche ihnen zu Gebote steht, möglichst auszunutzen, so daß, wenn ein Distrikt bewässert ist, die kostbare Flüssigkeit einem benachbarten zugeführt wird, um auch diesen zu befruchten, und wieder umgekehrt.

Veränderungen im Mare Erythraeum hat Percival Lowell im Frühjahre und Sommer 1903 entdeckt und beobachtend verfolgt. Es handelt sich um einen sehr entschiedenen Farbenwechsel. Die Farbe der großen dunkeln Flecke auf der Marsscheibe ist gewöhnlich deutlich blaugrün, und diese Färbung wird dunkler oder heller je nach der Jahreszeit, und in den südlichen Polargegenden nimmt sie im Herbste derselben einen ockerfarbigen Ton an. An diese Färbung gewöhnt, war P. Lowell überrascht, am 19. April 1903 das ganze Mare Erythraeum bis zum Süden von Syrtis von schokoladebrauner Färbung zu erblicken, während Syrtis selbst wie gewöhnlich aussah. Der Unterschied der Färbung war höchst auffallend und durchaus nicht zu übersehen; es war, als wenn eine Decke über diese ganze Region gezogen wäre von der Spitze der Lybia im Osten bis zur Mitte von Aeria im Westen. Bei der letzten Beobachtung dieser Region unter ähnlichen günstigen Verhältnissen, am 22. März, war keine besondere Eigentümlichkeit ihrer Färbung wahrnehmbar gewesen. Am 20. April war die schokoladebraune Färbung über dem Mare Erythraeum abermals deutlich und wurde noch wahrgenommen, als der Meridian von 310° auf der Mitte der Marsscheibe stand; am 21. und 22. April zeigte sich das gleiche, als der Meridian der Mitte der Scheibe

248° war. Als dieselbe Gegend aber am 26. Mai wiederum zu Gesicht kam, hatte sie ihre braune Färbung verloren, außer im südlichen Teile in der Umgebung von Hellas. Auch in den folgenden Tagen wurde das Fehlen der Färbung konstatiert bis zum 30. Mai, an dem die Aufzeichnungen schließen. Beim nächsten Sichtbarwerden dieser Region, vom 30. Juni bis 7. Juli, konnte auch keine Spur der Färbung gesehen werden. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die schokoladebraune Färbung des Mare Erythraeum zwischen Syrtis major und Hellas im Norden und Süden und Syrtis minor bis Deucalionis regio im Osten und Westen während des Monates März 1903 nicht so merklich hervortrat, daß sie beachtet wurde; daß sie dagegen augenfällig war im April, während sie im Mai abzubleichen begann und in den Monaten Juni und Juli völlig verschwand. Um das richtige Verständnis für diesen Wechsel zu gewinnen, ist zu bemerken, daß das Maximum der schokoladebraunen Farbe zusammenfällt mit dem Minimum der blaugrünen Färbung, indem eine an Stelle der andern tritt. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die dunkelbraune Färbung zuerst im nördlichen Teile des Mare abzubleichen begann, im südlichen sich aber eine gewisse Zeit länger erhielt, teilt Lowell die ganze davon betroffene Region in einen nördlichen und einen südlichen Teil und verfolgt das Verhalten jedes derselben durch Zeichnung von Kurven. Die Daten dafür sind: Im März war die blaugrüne Färbung vorhanden, im April bedeckte sie nicht mehr die ganze Fläche, im Mai ist die dunkelbraune Färbung im südlichen Teile verschwunden, zeigt aber noch im nördlichen eine gewisse Ausdehnung. Mai 26 14h 23m M. Z. von Greenwich konnte der Beobachter die braune Färbung im Mare Erythraeum mit Sicherheit nicht erkennen, aber die Kanäle, besonders Orosines, waren deutlich, der Hintergrund muß also weniger dunkel gewesen sein. Am 28. Mai heißt es: „Brauner Schleier über das Mare Erythraeum nicht so ausgedehnt und dicht im Tone als früher, zieht sich nahe bei Hellas herum;“ etwas später: „Neue Spuren der Färbung des Mare Erythraeum unter Hellas herum.“ Mai 29: „Mare Erythraeum etwas schokoladefarbig im Süden, bei längerm und besserm Sehen größtenteils jedoch verschwunden. Am 5. Juli erschien der nördliche Teil des Mare Erythraeum wieder in seiner normalen Farbe, der südliche in der Nähe von Hellas ungewöhnlich bleich. Aus einer genauen Diskussion schließt Lowell, daß die Zunahme der blaugrünen Färbung nur durch Ausbreitung von Vegetationsprozessen erklärlich sei, da große Wasserbecken auf dem Mars nicht vorausgesetzt werden können. Die dunkeln Flecke, die man ehemals für Meere ansah, sind flache, tiefer liegende Regionen, eine Art Ufergelände, in welche die vorhandene Feuchtigkeit zusammenfließt oder abgeleitet ist. Wenn dieselben von Vegetation bedeckt sind, so zeigen sie uns eine blaugrüne Färbung, verdorrt aber der Pflanzenwuchs, so wird dadurch die Farbe der Landschaft tiefbraun oder, was Lowell für wahrschein-

lich hält, es wird dann der Marsboden selbst sichtbar. In fruchtbarem Gelände wird derselbe hiernach schokoladebraun aussehen und nicht ockergelb wie in den Wüsten. Auf diese Weise erklärt der amerikanische Marsbeobachter dies schokoladefarbene Aussehen des Mare Erythraeum auf der Höhe seiner toten Saison. Dieselbe Erklärung läßt sich nach Lowell auch auf die von Schiaparelli entdeckte rotbraune Farbe einiger Kanäle anwenden, die er ebenfalls (im Mai 1903) wahrgenommen hat. Diese Färbung ist nämlich nicht die des eigentlichen Kanales, den wir von der Erde aus vermutlich gar nicht sehen können, sondern der Umgebung desselben rechts und links auf seiner ganzen Erstreckung, die in großer Breite periodisch von Pflanzenwuchs bedeckt ist.

Neue Untersuchungen über die jahreszeitlichen Veränderungen auf dem Mars und das Wesen der Marskanäle. P. Lowell hat hierüber eine große Abhandlung veröffentlicht.[1]) Die auf der Oberfläche des Mars stattfindenden Veränderungen sind jedem bekannt, der längere Zeit hindurch diesen Planeten studiert hat. Nicht nur nehmen die weißen Polarflecke an Größe in regelmäßigem Wechsel zu und ab, sondern auch die dunkeln Flecke, mit denen die Marsscheibe übersät ist, werden schwärzer oder bleicher, wie die Monate einander folgen. Die unter dem Namen „Kanäle“ bekannten Linien sind gleichfalls der Veränderung unterworfen; zuzeiten sind sie sehr augenfällig, zu andern Zeiten dagegen unsichtbar. Was aber noch bemerkenswerter ist: jeder Kanal hat seine eigenen Zeiten des Hervortretens und Zurücksinkens der Sichtbarkeit, das Verhalten des einen entspricht nicht demjenigen seines Nachbarn und noch weniger dem seiner Antipoden. Der Kanal Ganges wird gesehen, während der Kanal Titan unsichtbar ist, und dieser letztere wiederum ist sehr augenfällig, während man den andern kaum unterscheiden kann. Diese Veränderungen beschränken sich nicht auf einzelne, bestimmte Kanäle, sondern gelegentlich scheinen die Kanäle ganzer Landschaften wie ausgelöscht, so daß selbst mit aller Anstrengung bei größter Nähe des Mars und bester Luft keine Spur derselben wahrgenommen werden kann, während kurz vorher und nachher dieselben Regionen des Planeten mit Kanallinien übersät waren. Um die in diesen Erscheinungen herrschende Gesetzmäßigkeit zu ergründen, hat P. Lowell aus seinen Marszeichnungen das prozentische Verhältnis der Sichtbarkeit dieser Formationen in bestimmten Abschnitten während einer Opposition des Mars festzustellen versucht. Da die Anzahl seiner Marszeichnungen sehr bedeutend ist, so konnten auf diesem Wege Ergebnisse von großer Zuverlässigkeit von vornherein erwartet werden. Er verfuhr dabei in folgender Weise. Aus der Marskarte ergab sich unmittelbar die Position (Länge) der zu untersuchenden Region, und es wurden nun alle diejenigen Zeichnungen

[1]) Proc. Amer. Philos. Soc. **42.** Nr. 174. — Sirius 1904. p. 97.

geprüft, auf denen diese Region sichtbar sein mußte. Dabei wurden drei Zonen unterschieden: die erste erstreckte sich bis zu 20° rechts und links von dem während der Zeichnung auf der Mitte der Marsscheibe stehenden Meridian, die zweite von 20 bis 40°, die dritte endlich von 40 bis 60° von dem Meridian der Mitte. Diese Dreiteilung hatte beiläufig den von vornherein beabsichtigten Vorteil, eine Vergleichung zwischen der Sichtbarkeit der Flecke in verschiedenen Abständen vom Zentrum der Marsscheibe zu ermöglichen.

Das ganze Verfahren ist sehr einfach, solange Mars eine volle, runde Scheibe zeigt, sobald er aber (vor oder nach der Opposition) eine Phase zeigt, muß darauf Rücksicht genommen werden, daß die Erleuchtung der Scheibe von dem Punkte, über welchem die Sonne senkrecht steht, bis zur Lichtgrenze abnimmt, so daß allein aus diesem Grunde die Flecke gegen diese Grenze hin weniger gut unterscheidbar werden, bis sie in gewisser Entfernung von der Lichtgrenze endlich ganz verschwinden. Deshalb hat Lowell seine Untersuchung nur bis zu 25° Entfernung von dieser Lichtgrenze ausgedehnt, eine Annahme, die sich aus seinen Beobachtungen als die richtigste ergeben hatte. Da der Planet Mars ungefähr 40 Minuten mehr Zeit gebraucht zu einer Umdrehung um seine Achse als die Erde, so ändert sich der auf der Mitte seiner Scheibe stehende Meridian nach Ablauf von 24 Stunden um 9.6°, und deshalb vollzieht derselbe eine scheinbar rückläufige Rotation in etwa 38 Tagen, da 9.6° in 360° nahezu 38mal enthalten ist. Nach Ablauf dieser Zeitraumes zeigen beide Planeten Mars und Erde einander wieder das nämliche Gesicht zur nämlichen Stunde. Während $^1/_7$ dieser Zeit steht Mars für Beobachtungen günstig, während $^2/_3$ aber ist er entweder unter dem Horizont oder steht zu tief, um gut beobachtet zu werden. Solcher Art bieten sich also natürliche Epochen dar, um die einzelnen Oberflächenteile mit sich selbst zu vergleichen und etwaige eingetretene Veränderungen während des Zeitintervalles festzustellen. Die zur Untersuchung vorhandenen Zeichnungen des Mars, welche Lowell benutzte, entstammen der Marsnähe (Opposition) von 1903 und belaufen sich auf 375 vollständige Darstellungen, die vom 21. Januar bis zum 26. Juli erhalten worden sind. Auf diesen Zeichnungen wurden 85 Kanäle rücksichtlich ihrer Sichtbarkeit oder Unsichtbarkeit untersucht, und zwar wurde die prozentuale Häufigkeit der Sichtbarkeit derselben innerhalb der Zone von 60° rechts und links vom Zentralmeridian festgestellt. Schon dieses Ergebnis ist bezeichnend, aber Lowell hat, um größere Sicherheit zu erlangen, daran Korrektionen angebracht. Die Entfernung des Mars war nämlich während der ganzen Beobachtungszeit nicht unverändert und ebensowenig der Zustand der Luft immer gleich gut gewesen; beides berücksichtigt er durch gewisse, nicht unzulässige Annahmen und bezieht alles auf die kürzeste Entfernung des Mars, bei welcher 1903 der scheinbare Durchmesser der Scheibe desselben 14.6″ betrug.

Er entwarf nun für die 85 einzelnen Kanäle Tabellen, welche die wirkliche Sichtbarkeit derselben in Prozenten der möglichen Sichtbarkeit überhaupt während der ganzen Beobachtungsdauer darstellen. Wurden dann die Beobachtungszeiten vom Moment des Sommersolstitiums der nördlichen Marshemisphäre an als Abszissen und die Prozentzahlen der Sichtbarkeit jedes Kanales als Ordinaten aufgezeichnet, so lieferten die Endpunkte der letztern, durch eine Linie verbunden, Kurven der Sichtbarkeitsverhältnisse, die für jeden Kanal typisch sind. Lowell nennt sie Cartouchen des Kanales, ein Wort, das im Deutschen nicht gut bezeichnend wiederzugeben ist, und wofür man am einfachsten Deutlichkeitskurven sagen kann. Wenn ein Kanal völlig unverändert blieb während der ganzen Beobachtungsdauer, so muß seine Deutlichkeitskurve als gerade Linie erscheinen (sobald die optischen Beeinflussungen der Sichtbarkeit abgezogen worden sind), und ihr Abstand von der Abszissenachse ist außerdem proportional der Stärke oder Deutlichkeit des Kanales überhaupt. Ändern sich dagegen die Sichtbarkeitsverhältnisse, so steigt die Kurve, wenn der Kanal deutlich hervortritt, und fällt, wenn er schwächer wird. So zeigen diese Deutlichkeitskurven nicht nur die scheinbare Veränderung in der Sichtbarkeit der Kanäle, sondern auch deren wirkliche Änderungen in der Entwicklung während der Beobachtungszeit an.

Untersucht man nun die Sichtbarkeitskurven der einzelnen Kanäle genauer, so findet man, daß von den 85 dargestellten nur zwei oder drei einigermaßen sich einer geraden Linie nähern, während alle andern gewissermaßen im Flusse waren. Die Opposition des Mars trat 1903 ein am 30. März, die größte Erdnähe des Planeten am 3. April, das Sommersolstitium der nördlichen Marshemisphäre am 28. Februar, während früher Lowell den Zeitpunkt des ersten Frostes auf 126 Tage nach dem nördlichen Sommersolstitium festgestellt hat. Wirft man einen Blick auf das alphabetisch geordnete Verzeichnis der Kanäle, so erkennt man weder Gesetz, noch Ordnung in der Entwicklung ihrer Sichtbarkeitsverhältnisse; ganz anders gestaltet sich die Sache, sobald man die Kanäle nach der (areographischen) Lage auf der Oberfläche ihres Planeten ordnet. Da die Kanäle keine Punkte, sondern Linien sind, so ist von Lowell die Mitte aller sichtbaren Punkte eines jeden als Bezeichnung seines Ortes auf der Marskugel angenommen worden. Nach diesem Prinzip hat er die Kanäle über die verschiedenen Breiten verteilt und unterscheidet folgende Zonen:

Die arktische Zone zwischen	86°	bis	65°	nördl.	Br.
Die subarktische Zone zwischen	65	„	50	„	„
Die nördlich gemäßigte Zone zwischen . .	50	„	35	„	„
Die nördlich subtropische Zone zwischen	35	„	25	„	„
Die nördliche tropische Zone zwischen . .	25	„	10	„	„
Die nördliche Äquatorialzone zwischen . .	10	„	0	„	„
Die südliche Äquatorialzone zwischen . .	0	und	10	südl.	Br.
Die südliche tropische Zone zwischen . .	10	„	25	„	„
Die südliche subtropische Zone zwischen .	25	„	35	„	„

Der Breitengrad von 86° nördlich wurde zum Ausgangspunkte gewählt, weil bis zu dieser Breite während der Beobachtungszeit die Eisbedeckung herabreichte. Anderseits bildete 35° südl. Br. die äußerste Grenze nach dieser Richtung, weil wegen der Neigung des nördlichen Marspoles gegen die Erde (die zwischen 21.1° und 25.9° während der Beobachtungszeit wechselte) die Mitte des am meisten südwärts liegenden Kanales in 27° südl. Br. lag. Lowell gibt nun zunächst das Datum, an welchem jeder Kanal im Minimum der Sichtbarkeit war, und zwar verteilt auf jede der oben bezeichneten Zonen. Im Mittel aus diesen 85 Angaben findet sich folgendes, wobei die beigefügten Ziffern die Anzahl der Tage bezeichnen, um welche die Entwicklung der Kanäle jeder Zone nach dem Tage des nördlichen Sommersolstitiums des Mars erfolgt:

Arktische Zone	0 Tage
Subarktische Zone	13 „
Nördliche gemäßigte Zone	22 „
Nördliche subtropische Zone	34 „
Nördliche tropische Zone	40 „
Nördliche äquatoriale Zone	43 „
Südliche äquatoriale Zone	56 „
Südliche tropische Zone	68 „
Südliche subtropische Zone	95 „

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich augenfällig eine zunehmende Verspätung in der Zeit der Entwicklung der Kanäle von der nördlichen Eiszone gegen den Äquator hin, und zwar macht diese Zunahme am Äquator nicht halt, sondern geht darüber hinaus auf die südliche Marshemisphäre. Was immer, sagt Lowell, die Kanäle sein mögen, so ist gemäß diesem Nachweise sicher, daß ihre Entwicklung vom Nordpole herab auf der Scheibe des Mars fortschreitet und zudem in einem ziemlich regelmäßigen Tempo über die Oberfläche des Planeten. Sie beginnt beim Sommersolstitium, d. h. sie folgt dem Schmelzen des Polareises. Dies führt auf die Vermutung über die Ursache der Erscheinung: Wasser spielt bei dem Sichtbarwerden der Kanäle eine Rolle, wenn auch nicht direkt, so doch indirekt als Vermittler von Vegetationsprozessen. Wir erblicken in dem Vorgange jahreszeitliche Veränderungen, aber diese zeigen in ihrem Verhalten einen wesentlich andern Gang als auf unserer Erde.

Könnten wir unsern irdischen Standpunkt verlassen und von einem Punkte außerhalb der Erde auf diese herabsehen, so würden wir bemerken, wie bei Ankunft des Frühlinges eine grünliche Welle über ihr Antlitz hinwegzieht, die von der äquatorialen Gegend höher und höher gegen den Pol hin zieht. Hier würden wir, deutlicher als auf dem Mars, eine Verdunklung wahrnehmen, das Blaugrün der Vegetation, das sich über die ockergelbe Grundfarbe ausbreitet; aber die beiden Welten Erde und Mars würden einen fundamentalen Gegensatz darin zeigen, daß die Vegetationswelle auf der Erde vom Äquator

gegen den Pol hin flutet, auf dem Mars dagegen vom Pol gegen den Äquator hin. Woher dieser Gegensatz? Einfach: infolge der Gegenwart oder Abwesenheit von Feuchtigkeit! Zwei Agenzien sind erforderlich zum Hervorrufen des vegetativen Lebens, das Rohmaterial und die wirkende Kraft. Sauerstoff, Stickstoff, Wasser und verschiedene Salze bilden das erstere, die Sonne liefert die andere. Auf der Erde ist, mit Ausnahme der Wüste, Wasser überall anzutreffen, die Einwirkung der Sonne aber nimmt zu und ab, und entsprechend vollzieht sich jährlich der Kreislauf des vegetativen Lebens. Auf dem Mars dagegen fehlt vielfach das Wasser, es gibt dort im wesentlichen nur solches, welches von dem Schmelzen der Schnee- und Eismassen herrührt. Vegetation kann in nennenswertem Maße dort nur aufblühen, nachdem das Wasser angekommen ist. Daher muß dort die Vegetation vom Pole ausgehen und gegen den Äquator hin vorschieben, während auf der Erde genau das entgegengesetzte stattfindet. Bezüglich des Mars stimmen damit die Sichtbarkeitskurven der Kanäle genau überein. Zeitlich hauptsächlich bestimmt, nicht durch das Kommen der Sonne, sondern durch das des Wassers, folgt das vegetative Leben auf dem Mars nicht den zunehmenden Breitengraden, sondern bewegt sich die Scheibe hinab. Wir schließen daraus, sagt Lowell, daß die Kanäle Streifen von Vegetation sind, die genährt wird von dem Wasser, das von der polaren Eiszone kommt.

Wie bemerkt, schreitet das Aufblühen des vegetativen Lebens auf dem Mars rasch und ziemlich gleichförmig vom Pole her über die Oberfläche des Planeten fort. Die Verdunklung braucht etwa 50 Tage, um vom 75° nördl. Br. bis zum Äquator zu gelangen, eine Strecke von 2600 engl. Meilen. Im Durchschnitte entspricht dies 53 engl. Meilen pro Tag oder 2.2 englische Meilen in der Stunde. Unter dem Einflusse der Schwere auf dem Mars würde aber Wasser keineswegs vom Pole gegen den Äquator hin fließen, am wenigsten mit der wirklich vorhandenen Geschwindigkeit, und daher scheint der Schluß unabweisbar, daß es dazu auf künstlichem, nicht auf natürlichem Wege gezwungen wird. Daher, sagt Lowell, werden wir darauf geführt, an einen künstlichen Ursprung und künstliche Erhaltung der sogenannten Kanäle zu denken, deren Benennung dadurch gerechtfertigt erscheint, und ich sehe keine Möglichkeit, dieser Schlußfolgerung zu entgehen. Diese wird noch unterstützt durch eine wichtige Tatsache. Der Fortschritt in der Entwicklung, der sich vom Pole gegen den Äquator in immer späterer Epoche vollzieht, macht am Äquator selbst nicht Halt, sondern die Verspätung schreitet auch auf der südlichen Hemisphäre fort. Hinge sie aber von der physischen Beschaffenheit der letztern lediglich ab, so müßte mit dem Überschreiten des Äquators eine Umkehr eintreten, weil die natürlichen Verhältnisse jetzt die entgegengesetzten sind. Das ist aber durchaus nicht der Fall, und so stehen wir hier vor einer Erscheinung, die nicht nur einfach unerklärbar aus Naturgesetzen ist, sondern diesen absolut

entgegensteht. Die hier vorgelegte Studie, schließt Lowell, führt demnach zu folgenden drei Schlußfolgerungen:

„1. Die Kanäle entwickeln sich über die Scheibe des Mars aus einem Materiale, welches vom Schmelzen der Polarkappe des Planeten herstammt, und die Entwicklung überschreitet den Äquator und greift in die andere Hemisphäre hinüber.

2. Die Kanäle deuten ihrem ganzen Verhalten nach auf Vegetationsvorgänge und

3. sie sind künstlichen, nicht natürlichen Ursprunges."

Lichtwechsel des Planeten Iris. Prof. Wendell hat mit dem Polarisationsphotometer der Harvardsternwarte eine Reihe sehr genauer Helligkeitsmessungen des Planetoiden Iris (7) angestellt. Durch dieselben ist eine Veränderlichkeit desselben, ähnlich wie beim Planeten Eros, erwiesen, deren Periode ungefähr $6^h\ 13^m$ beträgt. Die Größe der Lichtschwankung beträgt nur 0.2 bis 0.3 einer Größenklasse, und nur die sehr genauen Messungen Wendells haben sie mit Sicherheit erkennen lassen. Die Lichtkurve zeigt zwei Maxima und zwei Minima der Helligkeit, welche so nahezu gleich sind, daß es zweifelhaft bleibt, ob die Unterschiede reell sind oder nicht. In letzterm Falle würde die wirkliche Dauer des Lichtwechsels natürlich nur halb so groß sein, als oben angegeben ist.

Lichtänderungen des Planeten Hertha (135). J. Palisa macht darauf aufmerksam,[1]) daß dieser Planet deutliche Helligkeitsschwankungen von kurzer Periode zeigt. Am 16. Februar fand er ihn um $11\frac{1}{4}^h$ gleich hell wie ein benachbarter Stern 10.5 Größe; um $12\frac{1}{4}^h$ war er ein wenig, um $13\frac{1}{2}^h$ eine halbe Größenklasse heller als dieser Stern, während er $14\frac{1}{4}^h$ schon wieder schwächer, jedoch noch heller als der Vergleichsstern erschien. Am 19. Februar konnte Dr. Palisa den Planeten Hertha von 8 bis 16^h verfolgen und feststellen, daß dessen Helligkeit kontinuierlich von 10.7 bis 10.0 Größe stieg.

Das Spektrum des Jupiter ist von Millochau auf dem Observatorium zu Meudon am 29. Dezember 1903, sowie am 2., 16., 26. und 29. Januar 1904 photographisch aufgenommen worden.[2]) Die Expositionsdauer betrug 90 Minuten, und als Vergleichsspektrum wurde das des Mondes am 26. Januar photographiert. Der Spektrograph war so montiert, daß sein Spalt nach allen Richtungen eingestellt werden konnte, und besonders in den drei Stellungen: parallel zur Verbindungslinie der Jupiterpole, parallel zum Äquator des Planeten und 45° zu diesen beiden Stellungen. Die erhaltenen Bilder wurden viermal vergrößert, und nach einem besondern Verfahren konnten in

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3932.
[2]) Compt. rend. **138**. p. 1477.

aufeinanderfolgenden Positionen die relativen Intensitäten verschiedener Teile eines Klischees variiert und hierdurch die schwächern Details des Bildes leicht sichtbar gemacht werden.

Die erhaltenen Spektren zeigen deutlich fünf der Jupiteratmosphäre eigentümliche Absorptionsstreifen; sie liegen bei λ 618, 607, 600, 578 und 515 und entsprechen den Streifen, die Keeler im Uranusspektrum beschrieben. Ferner erscheinen die dem Spektrum des Wasserdampfes entsprechenden Streifen und der Streifen a bedeutend verstärkt. Alle Absorptionsstreifen sind verhältnismäßig viel intensiver in dem Teile des Spektrums, der von dem südlichen Äquatorialstreifen Jupiters herrührt, welcher in diesem Jahre allein breit und stark war.

Die hier spektroskopisch gewonnenen Resultate bestätigen die von den Astronomen ausgeführten Okularbeobachtungen, sowie die aus denselben abgeleiteten Schlüsse. Zunächst, daß die Atmosphären der Hauptplaneten des Sonnensystems in großen Zügen derjenigen der Erde ähnlich sind und dieselben Hauptbestandteile enthalten wie diese. Die schwachen, neuen Streifen, welche im Jupiterspektrum sich zeigen, und das Vorkommen des Streifens λ 618, der schon lange im Spektrum der obern Planeten gefunden war, zeigen, daß ferner in den Atmosphären dieser Welten ein Gas vorhanden ist, das in denen der untern Planeten nicht oder nur in sehr geringen Mengen existiert. Hiermit ist eine weitere Verwandtschaft zwischen den obern Planeten außer den bereits bekannten zu verzeichnen.

Veränderliche Bewegung des roten Fleckes auf dem Jupiter. W. F. Denning macht darauf aufmerksam [1]), daß die Rotationsperiode dieses Fleckes während der letzten Jahre eine merkwürdige Veränderung erlitten habe. Von 1877 bis 1900 nahm die Geschwindigkeit seiner Bewegung ununterbrochen ab, seitdem trat indessen Zunahme ein, und diese war besonders merklich seit dem Jahre 1901. Denning gibt folgende Tabelle der jovizentrischen Länge des Fleckes und der entsprechenden Rotationsdauer während der letzten zehn Jahre.

Jahr	Länge	Rotationsdauer		
1894	0^{0}	9^{h}	55^{m}	41.0^{s}
1895	5	9	55	41.1
1896	10	9	55	41.3
1897	16	9	55	41.5
1898	23	9	55	41.6
1899	33	9	55	41.7
1900	42	9	55	41.5
1901	46	9	55	40.7
1902	44	9	55	39.4
1903	33	9	55	40.8
1904 (bis August) .	32	9	55	39.3

Seit 1900 sieht man in der südlichen tropischen Zone des Jupiter eine große dunkle Masse, die sich rascher bewegt als der rote Fleck,

[1]) Observatory 1904. p. 343.

indem sie ihre Rotation in 22 Sekunden kürzerer Zeitdauer vollführt. Man hat vermutet, daß die Bewegung dieser dunkeln Masse die Bewegung des roten Fleckes beeinflusse, und Denning stimmt dieser Vermutung bei.

Der fünfte Jupitermond ist im Sommer 1902 von Barnard am Yerkesrefraktor beobachtet worden, nachdem seit 1899 keine Messungen desselben erhalten werden konnten.[1] Auch dieses Mal waren die Messungen wegen des südlichen Standes des Planeten schwierig. Die Dauer des siderischen Umlaufes des Satelliten ergibt sich mit großer Genauigkeit zu $11^h\ 57^m\ 22.7^s$. Von den beiden Bahnberechnungen desselben durch Tisserand[2] und Dr. Cohn[3] erwies sich die erstere als genauer. Zwischen den Messungen des Satelliten von Barnard und denjenigen von Hermann Struve zeigte sich eine ausgesprochene systematische Differenz.

Rotationsdauer des Saturn. Im Jahre 1903 ist auf der nördlichen Hemisphäre des Saturn eine Anzahl heller Flecke sichtbar gewesen, deren Beobachtung wesentliche Beiträge zur Bestimmung der Rotationsdauer dieses Planeten geliefert hat. Die hellen Flecke wurden zuerst von Prof. E. E. Barnard am 40-Zoller der Yerkessternwarte gesehen, und es scheint, daß wenigstens einer davon während der ersten zwei oder drei Wochen außerordentlich hell gewesen ist. Derselbe wurde frühestens am 15. Juni gesehen, aber erst am 23. konnte er wieder beobachtet werden, und eine zweite genauere Beobachtung geschah in der darauf folgenden Nacht. Unabhängig hiervon entdeckte F. W. Denning in der Nacht des 1. Juli einen andern hellen Fleck, dem eine dunkle Masse folgte, und in der nämlichen Nacht sah diesen hellen Fleck auch J. Comas Sola zu Barcelona. Die folgenden Beobachtungen lehrten, daß tatsächlich eine Anzahl heller Flecke nahe in der gleichen nördlichen Breite (36°) auf dem Saturn sichtbar war, von denen der zuerst gesehene der bei weitem hellste war. Die beiden ersten Beobachtungen desselben überzeugten Prof. Barnard davon, daß die Rotationsdauer entschieden länger als $10^h\ 14^m$ sein müsse, welche Zeitdauer die Beobachtungen des Fleckes von 1876 ergeben hatte. Unabhängig hiervon hatte Dr. R. Graff in Hamburg bereits die Dauer der Rotation aus den Beobachtungen Juni 23, 26 und Juli 4 zu $10^h\ 39.01^m$ bestimmt. Dieses unerwartete Resultat wurde von Comas Sola und Denning bestätigt, und eine genauere Untersuchung aller Beobachtungen des hellen Fleckes bis Ende August durch Dr. H. C. Wilson dürfte als definitiven Wert der Rotationsdauer: $10^h\ 38^m\ 4.8^s$ ergeben. Prof. G. W. Hough fand dagegen als

---

[1] Astron. Journ. 1903.
[2] Compt. rend. **119**.
[3] Astron. Nachr. Nr. 9403.

Rotationsdauer $10^h\ 38^m\ 18^s + n \times 0.1856^s$, wo n die Zahl der Rotationen seit Juni 27. Dieses letztere Ergebnis wurde von Denning bestritten und auf unrichtige Identifizierung der kleinen hellen Flecke zurückgeführt. In der Tat ist es schwierig, die Fleckchen bei ihrem Wiedererscheinen auf der der Erde zugekehrten Seite der Saturnscheibe genau wieder zu erkennen. Im Mittel aus den Beobachtungen von 15 hellen und dunkeln Flecken während der Monate Juli bis Dezember ergab sich eine Rotationsdauer von $10^h\ 37^m\ 56^s$. Es kann jedenfalls kein Zweifel daran sein, daß der zuerst von Barnard entdeckte helle Fleck zu einer vollen Rotation nahezu $10^h\ 38^m$ bedurfte, erheblich mehr als die früher bestimmte Rotationsdauer. Von den ältern Beobachtungen sind nur die eines hellen Fleckes auf der südlichen Hemisphäre des Saturn in 40 oder 50° südl. Br. durch Dawes bekannt, aus denen eine Rotation von etwa $10^h\ 24^m$ folgt. Sonach ergibt sich, daß auf dem Saturn gleich wie auf dem Jupiter eine große äquatoriale Strömung von beträchtlicher Geschwindigkeit vorhanden ist, und zwar in der Richtung der Umdrehung des Planeten. Dieselbe beträgt auf dem Saturn etwa 1300 bis 1400 *km* pro Stunde, auf dem Jupiter 400 *km*, ein merkwürdiges und überraschendes Resultat. Denn wenn auch die oberflächlichen Teile des Saturn wahrscheinlich in einem flüssigern (weniger dichten) Zustande sein sollten als die auf dem Jupiter, so ist doch eine stärkere Bewegung derselben (in der größern Entfernung der Sonne) a priori nicht sehr wahrscheinlich.

Der Saturnsmond Phöbe ist durch neue Aufnahmen auf der Arequipastation der Harvardsternwarte seit dem Frühlinge 1900 definitiv nachgewiesen worden.[1]) Im ganzen wurden bis 1902 60 Aufnahmen des Saturn und seiner Umgebung gemacht, von denen 42 den Satelliten zeigen. Eine merkwürdige und unerwartete Tatsache stellte sich bei der genauen Untersuchung heraus, daß dieser Mond des Saturn rückläufig ist, während die andern acht Saturnmonde rechtläufig sind. Folgende Bahnelemente des neunten Satelliten wurden abgeleitet:

Umlaufsdauer	546.4 Tage
Exzentrizität der Bahn	0.22
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik .	5.1°
Neigung der Bahn gegen die Saturnsbahn	6.0°
Länge des aufsteigenden Knotens . .	220°
Länge des Perisaturniums	289.7
Epoche 1900 März	28.0 M. G. Z.

Infolge der großen Exzentrizität der Bahn variiert der Abstand des Trabanten vom Zentrum des Saturn zwischen 6 210 000 und 974 000 Meilen. Die scheinbare Helligkeit von Phöbe ist 14.0 Größe, der wahre Durchmesser kann daher nicht viel von 200 Meilen verschieden sein. Der neue Trabant ist von Barnard am 40-Zoller der Yerkessternwarte aufgesucht[2]) und am 8. August, sowie am 3. und

[1]) Harvard College Observatory **53**. III. — Sirius 1905. Heft 1.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3969.

12. September tatsächlich gesehen worden. Barnard schätzte die Helligkeit desselben August 8 zu 15.5 bis 16. Größe, September 12 zu 16.7 Größe.

Die Spektren des Uranus und Neptun sind von V. M. Slipher untersucht worden.[1]) Es wurde dabei der große Spektrograph des Lowellobservatoriums am 24-zölligen Refraktor benutzt. Vom Spektrum des Neptun wurden zwei gute Photographien erhalten. Die lineare Dispersion beträgt für die Entfernung zwischen F und der Mitte von H und K nur 11 *mm*, die Aufnahmen geschahen auf isochromatischen Platten nit Expositionen von 14 und 21 Stunden. Auf der ersten Platte, welche viel Detail zeigt, erstreckt sich das Spektrum von der Linie D bis λ 4400, die zweite, länger exponierte zeigt das Spektrum von D bis λ 4300. Die Aufnahme I zeigt, wie wenig das Spektrum des Neptun dem der Sonne gleicht. Es erscheint abnorm hell bis zum Violett der b-Gruppe, als wenn der Planet ein gewisses eigenes Licht ausstrahle, doch ist der Kontrast sehr wahrscheinlich den starken Absorptionsbanden zuzuschreiben. Eine starke, schmale Linie bei F ist sichtlich die Wasserstofflinie $H\beta$. Die zweite Platte zeigt noch die Wasserstofflinie $H\,\gamma$. Das Spektrum des Uranus erscheint auf einer der Platten bis nahe zur Linie D. Es zeigt eine Linie in der Position der Heliumlinie D_3, die vielleicht reell ist, und endigt plötzlich bei λ 591. Die Linie F ist stärker im Uranusspektrum als im Spektrum des Mondes, aber nicht so stark wie im Spektrum des Neptun; ebenso sind die Banden bei den Wellenlängen λ 510, 543 und 577, welche beiden Planeten gemeinsam sind, im Neptunspektrum stärker als in dem des Uranus, doch ist der Ursprung dieser Banden nicht bekannt.

Der Mond.

Der photographische Mondatlas der Pariser Sternwarte, welcher unter Leitung des Direktors der Pariser Sternwarte M. M. Loewy und M. P. Puiseux herausgegeben wird, ist bis zur Ausgabe der sechsten Lieferung fortgeschritten. Dieser Lieferung enthält außer dem Texte und einer Phasenkarte sechs vergrößerte Heliogravüren nach Aufnahmen aus den Jahren 1897, 1899 und 1901. Es ist unzweifelhaft, daß diese Mondkarten alle andern nicht darauf basierenden Mondkartierungen völlig überflüssig machen. Weitere Arbeiten, die an den verschiedenen Stellen ins Detail eingehen, können sich nur auf diesen Karten aufbauen. Die Herausgeber kommen in dem erläuternden Texte zu den einzelnen Blättern zu dem Ergebnisse, daß die Mondoberfläche, wie sie uns erscheint, das Ergebnis einer bestimmten Entwicklungsreihe ist, die durch Intervalle von Ruhe in einzelne Phasen abgetrennt wird. Nach ihrer Anschauung zeigt die Umgebung des

---

[1]) Lowell Observatory Bulletin Nr. 13.

Südpols des Mondes einen der frühesten Zustände nach der Erstarrung der Oberfläche. Dagegen datieren die Meere der äquatorialen Regionen aus weit jüngerer Epoche. Die großen ringförmigen Formationen sind meist älter als die Maren, nur wenige mögen nach diesen entstanden sein; die eruptiven Kräfte der jüngern Zeit haben nur kleine und kleinste Formationen geschaffen, die zuletzt den irdischen Vulkanen ähnlich sind. Wer den Mond hinlänglich aus eigener Anschauung kennt, kann diesen Schlußfolgerungen wohl zustimmen.

Der photographische Mondatlas von William H. Pickering. Derselbe ist in den Annalen der Harvardsternwarte erschienen, 80 Blätter umfassend. Schon früher hatte Prof. William Pickering auf die Vorteile hingewiesen, welche ein Teleskop von 12 bis 15 Zoll Öffnung und einer sehr langen Brennweite von ein paar hundert Fuß für die photographische Aufnahme des Mondes darbieten würde. Diesen Plan auszuführen, bot sich dank der Liberalität zweier Freunde der Astronomie (die ihre Namen nicht genannt wünschen) im Jahre 1900 Gelegenheit. Die zur Verfügung gestellte Geldsumme gestattete die Herstellung eines Objektivs von 30 *cm* (12 engl. Zoll) Öffnung und einer Brennweite von 41.25 *m* (135.3 engl. Fuß). Natürlich mußte bei einem Objektiv von dieser ungeheuern Brennweite der Tubus eine feste, unbewegliche Lage erhalten, während das Licht der zu photographierenden Objekte durch einen beweglichen Spiegel in das Fernrohr geschickt wurde. Eine Expedition nach der Insel Jamaica, auf der ein 5-zölliger Refraktor an verschiedenen Stationen zur Prüfung der Luftverhältnisse aufgestellt worden war, hatte ergeben, daß dort während des Sommers äußerst günstige Luftverhältnisse herrschen, und es stand zu hoffen, daß solches auch in den Wintermonaten der Fall sein werde, die dort vielfach wolkenloses Wetter bringen. Doch ergaben später die Erfahrungen, daß zu astronomischen Zwecken die Luft im Winter zwar gut, aber weniger vorzüglich als während des Sommers ist. Im Oktober 1900 kam Prof. William Pickering mit seinem Begleiter zu Mandeville auf Jamaica an und errichtete seine Station zwei Meilen östlich von dieser Stadt auf dem Landgute Woodlawn (18° 1′ nördl. Br., 5^h 10^m 2.5^s m. L. v. Gr.) 2080 engl. Fuß über dem Seespiegel. Schon am 31. Dezember, wenige Minuten nach Beginn des neuen Jahrhunderts, konnte der erste Blick durch das Teleskop geschehen, und acht Tage später wurde die erste Mondphotographie erhalten. Die erste völlig brauchbare photographische Aufnahme des Mondes geschah am 29. Januar, die letzte am 31. August 1901, so daß das gesamte Material in sieben Monaten erhalten wurde. Leider erwies sich der Spiegel nicht fehlerfrei, indem er nicht vollkommen eben war, und dieser fatale Umstand zwang dazu, die benutzbare Öffnung des Fernrohres auf 150 *mm* (6 eng. Zoll) zu reduzieren. Indessen wurde dieser ungünstige Umstand durch die lange Brennweite des Objektivs einigermaßen kompensiert, und nach Prof. Pickerings Angabe

sind die besten von ihm erhaltenen Photographien denjenigen der Pariser Sternwarte, die mit einem Objektiv von 540 *mm* (26 Zoll) Durchmesser erhalten wurden, an Schärfe vergleichbar. Die Wiedergabe der Platten in dem Mondatlas ist in dem Maßstabe von 35 bis 40 *cm* für den Monddurchmesser, so daß 1 *mm* = 5 Sekunden im Bogen umfaßt, wobei viele feine Details verloren gegangen sind. Was die Anordnung der Karten betrifft, so wurde die sichtbare Mondscheibe senkrecht zum Äquator in acht gleichbreite Streifen zerlegt, die vom Äquator in der Mitte durchschnitten 16 Regionen ergeben, von denen acht die nördliche und acht die südliche Hälfte der Mondscheibe umfassen. Die Aufnahmen geschahen soweit als tunlich bei den günstigsten Librationen des Mondes, damit die Gegenden 10 bis 20° vom Rande entfernt so gut als möglich zur Darstellung kommen konnten. Die Polargegenden des Mondes sind nicht zur Zeit des Vollmondes, sondern wenn der Mond nahe den Vierteln ist, am besten sichtbar. Zur Zeit des Vollmondes, wenn die Libration in Breite beträchtlich ist, bleibt der eine Pol von der Erde abgewandt, während die Gegenden um den andern im Schatten liegen. Obgleich unter diesen Verhältnissen die Sonnenhöhe für den sichtbaren Mondpol am größten ist, 1.5°, so kann dennoch dieser Pol selbst sowohl als seine Umgebung besser gesehen werden bei niedrigem Sonnenstande, wenn die Richtung der Erleuchtung südlich ist. Der Ost- und Westrand des Mondes kann an der Lichtgrenze nur gut gesehen werden bei Vollmond. Auf einer Darstellung des Mare Imbrium bei Abendbeleuchtung sieht man die Regionen um den Mondrand und viele Berge des Apenninengebirges sehr glänzend, wie solches immer bei dieser Beleuchtung der Fall ist. Prof. Pickering erklärt diese weiße Färbung für Schnee, worin Prof. Klein ihm nicht beistimmen kann. Er macht ferner auf die dunkeln Flecke im Atlas und Herkules aufmerksam, die er auf Vegetation zurückführt und damit die Veränderlichkeit dieser Flecke erklärt. Weit größere Veränderungen in Farbe und Gestalt dunkler Flecke hat Klein früher in den mittlern Regionen der Mondscheibe nachgewiesen, doch möchte er dieselben nicht ohne weiteres vegetativen Vorgängen zuschreiben. Die Anzahl der großen und kleinsten Krater, die unter günstigen Umständen für uns sichtbar sind, schätzt Prof. W. Pickering auf mehr als 200 000, aber geringer als 1 000 000.

Die photographische Mondkarte von Prof. W. Pickering ist eine längst erstrebte Ergänzung der gezeichneten Mondkarten, sogar die einzige bis jetzt vorhandene, welche die ganze Mondoberfläche und dazu unter fünf verschiedenen Beleuchtungswinkeln umfaßt.

Neubildung auf dem Monde. Prof. William Pickering macht die Mitteilung, daß von ihm auf der innern Fläche der Wallebene Plato eine Neubildung konstatiert worden ist. Er sah dort am 31. Juli ein helles, dunstiges Objekt von etwa 4000 *m* im Durchmesser, das in der Zeit vom 21. bis 28. Juli nicht gesehen worden war. Am

2. August erschien an Stelle des hellen Fleckes ein dunkler, länglichrunder Schatten, ähnlich einem Krater mit einem Durchmesser von ungefähr 3000 *m*, und nördlich wie nordöstlich davon ein großer weißer Fleck. Das Objekt befindet sich in der Nähe eines sehr keinen, schon früher bekannten Kraters, der in der Pickeringschen Spezialkarte der Fläche des Plato, welche auf Tafel XII des „Sirius", Jahrgang 1901, reproduziert ist, die Nummer 3 trägt. Ein Telegramm vom 22. August bestätigt die Wahrnehmung und enthält die Angabe, daß der neue Krater einen Durchmesser von etwa drei englischen Meilen (ungefähr 5000 *m*) zeigt, und daß die helle Fläche sich seit dem 3. August merklich verändert habe. Weitere Beobachtungen werden zeigen, wie es sich mit diesem Krater verhält; nach den Wahrnehmungen aller frühern Selenographen ist ein ähnliches Objekt vordem dort nicht sichtbar gewesen.

Die vulkanischen Bildungen der Mondoberfläche waren Gegenstand einer Untersuchung von Prof. Klein.[1]) Als Ergebnis seiner dreißigjährigen Beobachtungen hebt er zunächst die Tatsache hervor, daß zwischen den Formationen der Mondoberfläche und den heutigen Vulkanbildungen der Erde im allgemeinen keine Ähnlichkeit besteht.

Besäße die Mondoberfläche Millionen von Kratern, jeder so groß wie der Durchmesser des Kraters auf dem Eruptionskegel des Vesuv, so würden wir von der Erde aus selbst mit den größten Teleskopen nicht einen davon wahrnehmen können; dagegen kann uns auch an gewöhnlichen Ferngläsern ein Berg von dem Umfange und der Höhe des Vesuv auf dem Monde in keiner Weise entgehen. Auch die Krateröffnung des Ätna wäre von der Erde aus auf dem Monde nicht zu erkennen, wohl aber würde der ganze Berg sich als imposantes Objekt darstellen. Ebenso hohe und ebenso isolierte Kegel finden sich aber auf dem Monde nur sehr selten. Die Formationen der Mondoberfläche sind also von denjenigen der Erde toto genere verschieden, und die von vielen Geologen behauptete Übereinstimmung der irdischen mit den lunaren Kratern beschränkt sich im allgemeinen auf die nahezu kreisförmige Gestalt der Öffnungen. Nur bei einer gewissen Klasse von sehr kleinen Kratern ist die Ähnlichkeit mit den irdischen Vulkanen in der äußern Gestalt ausgeprägt, aber diese Gebilde sind auf dem Monde durchweg minimal, und der Nachweis ihres Vorhandenseins ist hauptsächlich erst durch die Beobachtungen von Jul. Schmidt und Prof. Klein erbracht worden. Auf den Mondphotographien zeigt sich davon keine Spur.

Wollte man annehmen, daß in einer gewissen Periode der Vorzeit solche große lunare Formen auch auf der Erde als vulkanische Gebilde vorhanden gewesen seien, und zwar um die Analogie aus-

---

[1]) Gaea 1904, p. 393. Kosmischer u. irdischer Vulkanismus von Prof. Klein, Leipzig 1904.

reichend zu machen, in verhältnismäßig ebenso großer Anzahl wie auf dem Monde, so müßte man ein Maß von Zerstörung dieser Gebilde durch die Atmosphärilien annehmen, für welches wir sonst keine Andeutung besitzen. Wenn auch der Mond jünger ist als die Erde, und wenn er auch gegenwärtig weder Wasser noch Luft in nennenswerter Weise mehr an seiner Oberfläche besitzt, so weicht doch die typische Form seiner Oberflächengebilde so völlig von derjenigen der Erdoberfläche ab, daß man ohne Willkür nicht annehmen kann, diese Verschiedenheit sei innerhalb der hier überhaupt zulässigen Zeiträume lediglich durch Nivellierung auf der Erde entstanden. Dies um so weniger, als eine Verwandtschaft der jüngsten vulkanischen Gebilde des Mondes mit den Vulkanen der Erde sich tatsächlich aufdrängt. Anderseits zweifelt kein Kenner des Mondes daran, daß die dortigen großen Formationen durch solche Kräfte entstanden sind, welche wir auf der Erde vulkanische nennen, wonach der Schluß unabweisbar wird, daß der irdische und der kosmische (lunare) Vulkanismus sich in sehr verschiedener Art und Weise geltend gemacht haben.

Als Ursache dieser Verschiedenheit weist Verf. die fluterzeugende Einwirkung der Erde auf die glühendflüssige Mondmasse nach. Die störende Wirkung der Erde auf die glühendflüssige Mondmasse bewirkte in dieser ein Emporsteigen der innern, heißen Materie, d. h. gestaltete dieselbe ausbruchsfähiger, und zwar ist diese Einwirkung nach Zeit und Ort von sehr veränderlicher Intensität. Auch zeigt die Laplacesche Theorie der Ebbe und Flut, sobald sie auf den Umstand ausgedehnt wird, daß bei diesen Oszillationen der Gleichgewichtszustand erstrebt, aber tatsächlich nie erreicht wird, daß die gesamte Schwankung sich aus mehrern Oszillationen mit verschiedenen Perioden zusammensetzt, so daß nicht nur sehr beträchtliche, sondern auch überaus komplizierte Bewegungen der flüssigen Mondmaterie entstehen mußten, alle aber mit der schließlichen Wirkung: heißflüssige Materie aus tiefen Schichten in höhere zu bringen, d. h. deren Ausbruchsfähigkeit zu vermehren.

Die Mondmaterie aber muß, als unser Trabant nahezu in seine heutige Entfernung von der Erde gelangte, noch heißflüssig gewesen sein, weil er andernfalls in der Richtung gegen die Erde hin eine meßbare Verlängerung besäße. Die Formen seiner festen Oberfläche haben sich also erst herausgebildet, als der Mond schon nahe seine heutige Entfernung von der Erde besaß. Diese Schlußfolgerungen enthalten nichts Hypothetisches, sie sind lediglich der Ausdruck der mathematischen Untersuchungen.

Wegen der einzelnen Details muß auf die Schrift des Verf. verwiesen werden. Die Schlußfolgerungen, zu denen er kommt, formuliert er dahin: 1. daß auf dem Monde vulkanische Vorgänge von ungleich großartigerm Charakter erfolgt sind als jemals auf der Erde, 2. daß der Sitz der vulkanischen Kraft in der glühenden Materie des

Mondinnern sich befand, 3. daß die ungeheuern vulkanischen Wirkungen, welche die Mondoberfläche im Gegensatze zur Erdoberfläche offenbart, lediglich eine Folge der stärkern, fluterzeugenden Kraft sind, welche die Erde auf dem Mond ausübte, und indirekt: 4. daß die vulkanische Kraft der Erde ebenfalls der ursprünglich glühendflüssigen Materie des Erdinnern entstammt, und diese Kraft auf der Erde sowohl, als auf dem Monde bis zur Gegenwart stetig an Intensität abgenommen hat. Der tellurische Vulkanismus ist eine Wirkung des Restes der kosmischen Glut, in der sich voreinst die Gesamtmasse der Erde befand, und sein Ursprung liegt in dem ursprünglichen Ballungsakte der Materie. Dieses ist die unabweisbare Schlußfolgerung, zu welcher eine möglichst hypothesenfreie Untersuchung der Vulkanphänomene, welche der Mond darbietet, bezüglich der Erde führt.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1903. Prof. H. Kreutz gab [1]) eine Zusammenstellung der Kometenbedeckungen und Beobachtungen des Jahres 1903, der folgendes entnommen ist.

Komet 1902 III (1902b). Auf der Nordhalbkugel ist der Komet vor dem Verschwinden in den Sonnenstrahlen außer auf der Licksternwarte auch von Howe in University Park (Colo.) am 17. Nov. zum letzten Male beobachtet worden. Auf der Südhalbkugel, wohin sich der Komet nach dem Perihel wandte, konnte am 11. Dez. in Santiago die erste Ortsbestimmung angestellt werden; der Komet wurde in Cordoba endlich bis zum 5. März verfolgt. Inzwischen war derselbe, nachdem er am 19. Januar mit — 46° die südlichste Deklination erreicht und wieder seinen Lauf gen Norden gerichtet hatte, auch auf der nördlichen Halbkugel abermals sichtbar geworden. Die südlicher gelegenen Sternwarten Mt. Hamilton und University Park konnten schon am 29. Januar Beobachtungen anstellen; im übrigen beginnen die Ortsbestimmungen erst gegen Anfang oder Mitte Februar. In dieser zweiten Sichtbarkeitsperiode hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 11. bis 12. Größe. Wirtz in Straßburg schildert ihn als zerflossene, rundliche Nebelscheibe mit einer mäßig ausgeprägten Verdichtung. Länger als bis Ende März haben wegen zunehmender Lichtschwäche sich die Beobachtungen nicht fortsetzen lassen; die letzte Ortsbestimmung hat Howe in Univerity Park am 30. März angestellt. Am 27. April war im 36-Zöller der Licksternwarte keine Spur des Kometen mehr zu erblicken.

Aus der ersten Sichtbarkeitsperiode ist nachträglich noch außer zahlreichen Ortsbestimmungen eine größere Anzahl von Mitteilungen

[1]) Vierteljahrsschr. d. astron. Ges. **39**. p. 42.

über die Helligkeit und das Aussehen des Kometen veröffentlicht worden. Besonders eingehende visuelle Beobachtungen in dieser Hinsicht haben Holetschek in Wien (A. N. 161.273) und Nijland und v. d. Bilt in Utrecht (162.44) angestellt. Von großer Wichtigkeit sind ferner die photographischen Aufnahmen auf der Licksternwarte (Lick Obs. Bull. 42 und Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific 15.149), von J. Roberts (Knowledge 26.9), in Meudon (C. R. 136.596) und auf der Sternwarte in Dorpat (162.101). Auf den Lickphotographien ist die Zunahme des Schweifes, der anfangs kaum angedeutet ist, mit der Annäherung ans Perihel deutlich zu verfolgen; gegen Ende Oktober hatte er sich bis an den Rand der Platte in einer Entfernung von 11° ausgedehnt. Spektroskopisch ist der Komet am 24. Okt. von de la Baume Pluvinel (C. R. 136.743 und Bull. de la soc. astr. de France 17.117) beobachtet worden. Es zeigten sich die gewöhnlichen drei Kometenbänder mit völliger Abwesenheit des kontinuierlichen Spektrums.

Die folgenden Elemente von Aitken unterscheiden sich nur unwesentlich von den im vorigen Bericht mitgeteilten Strömgrenschen, sind aber aus einer größern Zwischenzeit, von Sept. 1 bis Nov. 1, abgeleitet.

T = 1902 Nov. 23.89235 M. Z. Berlin, $\omega = 152° 57' 50.5''$ 1902.0, ☊ $= 49° 21' 17.3''$ 1902.0, $i = 156° 21' 5.1''$ 1902.0, $\log q = 9.603212$.

K o m e t 1903 I (1903 a), entdeckt von Giacobini in Nizza am 15. Januar 1903 in $23^h + 1°$ als eine kleine Nebelmasse 10. Größe ohne Schweif. Infolge abnehmender Entfernung von Erde und Sonne nahm die Helligkeit rasch zu. Gegen Ende Februar besaß der Komet schon die Helligkeit des Andromedanebels und erreichte Anfang März die fünfte Größenklasse. Leider näherte er sich immer mehr dem Tageslichte, so daß er im März nur noch in der Abenddämmerung beobachtet werden konnte. Die letzten Ortsbestimmungen sind am 19. März in Genf und Kasan angestellt worden.

Eine Schweifentwicklung, die überhaupt erst Ende Februar einsetzte, hat nur in beschränktem Maße stattgefunden, doch hat immerhin auf den von Quénisset aufgenommenen Photographien (Bull. de la soc. astr. de France 17.160, 206) trotz des tiefen Standes des Kometen die Schweiflänge bis zu 4° betragen, während visuell der Schweif nicht über 1° hinaus verfolgt werden konnte. Hand in Hand mit der Schweifentwicklung ging die Kondensation des anfangs sehr unscheinbaren Kernes, der sich allmählich zu einem sternähnlichen Punkte von 2″ bis 3″ Durchmesser verdichtete.

Nach dem Perihel ist der Komet noch eine Zeitlang auf der Südhalbkugel sichtbar gewesen. Im Einklange mit der theoretischen Helligkeit schildert ihn David Ross in Melbourne (Journ. of British Astr. Ass. 14.77) April 9 als hell und soeben mit bloßem Auge zu erkennen, während im Gegensatze hierzu die Beobachter auf der Kapsternwarte bei Gelegenheit der von April 6 bis Mai 4 reichenden

Ortsbestimmungen — der einzigen, die wir von der Südhalbkugel besitzen — den Kometen ausdrücklich als sehr schwach bezeichnen.

Die folgenden Elemente von Ebell sind aus sechs Beobachtungen von Jan. 19 bis März 9 abgeleitet worden und werden sich nur noch wenig von den definitiven entfernen:

T = 1903 März 16.03160 M. Z. Berlin, $\omega = 133^\circ\ 41'\ 12''.7$ 1903.0, ☊ $= 2^\circ\ 17'\ 56.1''$ 1903.0, $i = 30^\circ\ 55'\ 28.8''$ 1903.0, $\log q = 9.613450$.

Komet 1903 II (1902 d). Die im vorigen Berichte ausgesprochene Vermutung, daß die Beobachtungsdauer des Kometen eine ungewöhnlich lange sein würde, hat sich nicht in vollem Umfange bestätigt. Bis Ende Februar 1903 ist allerdings die Helligkeit ziemlich konstant 11 bis 12. Größe geblieben; dann aber hat sie rasch abgenommen, so daß selbst die Beobachtungen auf der Lick-sternwarte nicht über den 26. Juni hinaus sich erstrecken konnten. Der Komet war an diesem Tage als ein Objekt 13.5 Größe mit einem Kerne 16. Größe und einem Durchmesser von 2′ im 36-Zöller noch soeben zu erkennen.

Die folgenden Elemente von Aitken, abgeleitet aus Dez. 5, 30, Jan. 17. mögen der Vollständigkeit wegen hier Platz finden, obwohl sie kaum genauer als die im vorigen Berichte mitgeteilten Ristenpartschen sein werden.

T = 1903 März 23.31679 M. Z. Berlin, $\omega = 5^\circ\ 45'\ 4.4''$ 1903.0, ☊ $= 117^\circ\ 28'\ 0.0''$ 1903.0, $i = 43^\circ\ 53'\ 57.9''$ 1903,0, log. $q = 0.443156$.

Komet 1903 III (1903 b), entdeckt April 17 von Grigg in Thames, Neuseeland. Die ersten Beobachtungen auf dem australischen Festlande wurden von Tebbutt in Windsor April 27, 30 und Mai 2 ausgeführt. Die Helligkeit des an sich schwachen und kernlosen Nebels, der schon Ende März sein Perihel passiert hatte, nahm rasch ab, so daß Tebbutt seine Beobachtungen schon am 28. Mai abbrechen mußte. Mit dem gleichen Tage schließen die mit dem 4. Mai begonnenen Beobachtungen auf der Kapsternwarte; anderweitige Beobachtungen von der Südhalbkugel liegen nicht vor.

Die folgenden Elemente haben Kreutz und Ebell aus den oben angeführten ersten Beobachtungen auf der Sternwarte in Windsor abgeleitet.

T = 1903 März 25.5486 M. Z. Berlin, $\omega = 186^\circ\ 40.7'$ 1903.0, ☊ $= 213^\circ\ 14.5'$ 1903.0, $i = 66^\circ\ 29.6'$ 1903.0, $\log q = 9.71054$.

Komet 1903 IV (1903 c), entdeckt 1903 Juni 21 von Borrelly in Marseille als heller Nebel 8.9. Größe mit scharfem Kerne von 1″ Durchmesser und einem kurzen, fächerartigen Schweife. Für den Kometen waren alle Bedingungen, eine glänzende Erscheinung am Nordhimmel zu werden, gegeben. Die Annäherung ans Perihel und die relativ große Erdnähe von 0.24 um Mitte Juli bewirkten eine ungewöhnlich rasche Zunahme der Helligkeit; am 26. Juni war der Komet bereits dem bloßen Auge sichtbar; Anfang Juli hatte er die 4. bis 5. Größe erreicht, und in der Zeit seiner größten Helligkeit,

gegen den 20. Juli die 3. Größe. Dagegen hat die Schweifentwicklung nicht ganz den gehegten Erwartungen entsprochen. Visuell konnte der Schweif selbst in der dritten Juliwoche nicht weiter als 5° verfolgt werden, während er allerdings auf den photographischen Platten sich bis zu 17° Länge ausdehnte. Eine Zweiteilung des Schweifes wurde dem Auge erst gegen Mitte August sichtbar. Auf den Platten war eine Mehrteilung bedeutend früher zu erkennen, so z. B. zeigt eine in Greenwich am 1. August aufgenommene Photographie neben dem Hauptschweife bis zu acht Nebenschweife. Eine eigentümliche Erscheinung hat der Schweif am 24. Juli dargeboten, die durch einen günstigen Zufall auf der Yerkessternwarte von Barnard und Wallace photographisch durch 5.4 Stunden hindurch verfolgt werden konnte. Auf den beiden dort aufgenommenen Photographien (Mitte der Expositionszeiten $16^h\ 15^m$ und $19^h\ 14^m$ M. Z. Gr.) zeigt sich nämlich neben dem eigentlichen Schweife eine zweite Lichtlinie, die ihm genau parallel ist, aber gar keine Verbindung mit dem Kopfe hat, sondern erst 2° von demselben entfernt ihren Anfang nimmt. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, als ob irgend eine Kraft plötzlich einen großen Teil des Schweifes abgebrochen und ihn zur Seite, und zwar nach der Richtung hin, von welcher der Komet herkam, geschleudert hätte. Die gleiche Erscheinung findet sich auf einer von Quénisset in Nanterre um $11^h\ 30^m$ M. Z. Gr. aufgenommenen Photographie; doch ist hier die Entfernung des Kopfes von dem nächst liegenden Ende des abgebrochenen Schweifstückes wesentlich kleiner als auf den amerikanischen Platten. Barnard hat hieraus[1]) abgeleitet, daß die Trennung dieses Schweifteiles vom Kopfe am 24. Juli $2^h\ 30^m$ M. Z. Gr. vor sich gegangen sei, und daß der Abstand vom Kerne sich stündlich um 10.7′ vergrößert habe. Es wäre von großer Wichtigkeit, auch andere an diesem Tage aufgenommene Photographien auf diese merkwürdige Erscheinung hin zu prüfen. Auf einer von J. Roberts wiedergegebenen Photographie ist sie ebenfalls zu erkennen, doch ist hier leider die Expositionszeit nicht angegeben. Das gleiche gilt von einer Photographie von F. Smith auf dem Yale College Observatory. Auch in Greenwich ist der Komet an diesem Tage photographiert worden, doch ist von dieser Aufnahme bisher nur bekannt geworden, daß sie eine der besten des Kometen gewesen ist. Sicher ist jedenfalls, daß, wie die Aufnahmen auf der Yerkessternwarte an den Nachbartagen zeigen, am 23. und 25. Juli nichts von dieser eigentümlichen Erscheinung vorhanden war.

Ebenso wie das Aussehen ist auch die Helligkeit des Kometen eingehend studiert worden. Es mag hier genügen, auf die Beobachtungsreihen von Ebell in Kiel, von Holetschek in Wien und von Wirtz und Rosenberg in Straßburg hinzuweisen; sie alle lassen un-

---

[1]) Astrophisykal. Journ. **18**. p. 213.

zweifelhaft erkennen, daß die Formel $1 : r^2 \Delta^2$ zur Darstellung der Gesamthelligkeit ausreichend gewesen ist.

Spektroskopische Beobachtungen des Kometen liegen von Deslandres in Meudon und von Perrine auf der Lickstemwarte vor. Visuell zeigten sich neben einem relativ starken kontinuierlichen Spektrum die charakteristischen drei Kometenbänder. Photographisch war das Spektrum dem der Kometen 1893 II und 1894 II außerordentlich ähnlich, mit der einzigen Ausnahme, daß das Band $\lambda = 420$, das bei diesen Kometen sehr stark hervortrat, sich jetzt ganz besonders schwach zeigte.

In der dritten Augustwoche verschwand der Komet, der bis zuletzt die Helligkeit eines Sternes 4. Größe besessen hatte, in den Sonnenstrahlen; die letzte Ortsbestimmung ist am 23. August von Cerulli in Teramo angestellt worden. Nach dem Perihel ist noch der Komet als schwaches Objekt auf der Kapsternwarte von Sept. 30 bis Okt. 22 beobachtet worden. Weitere Beobachtungen auf der Südhalbkugel liegen noch nicht vor, doch ist wegen der stark zunehmenden Lichtschwäche kaum anzunehmen, daß der Komet anderswo länger als auf der Kapsternwarte beobachtet worden ist.

Die folgenden Elemente sind von Aitken aus drei Beobachtungen Juni 22, 30 und Juli 10 abgeleitet worden.

T = 1903 Aug. 27.6428 M. Z. Berlin, $\omega = 127° 19' 25.5''$ 1903.0, ☊ $= 293° 32' 55.0''$ 1903.0, $i = 84° 59' 45.3''$ 1903.0, $\log q = 9.518126$.

Brooksscher Komet 1903 V (1903 d). Der Brookssche Komet ist nach der Vorausberechnung von P. Neugebauer am 18. August 1903 von Aitken auf der Licksternwarte wieder aufgefunden worden. Er war klein und schwach, 14. Größe, mit einem Durchmesser von 3′ und einer geringen Verdichtung. Die Helligkeit nahm rasch ab, so daß er bald selbst im 36-Zöller ein schwieriges Objekt wurde und nur bis zum 24. Oktober verfolgt werden konnte. So weit bis jetzt bekannt, ist der Komet außer auf der Licksternwarte nur noch auf dem Navalobservatory in Washington am 20. und 21. Aug. beobachtet worden. Nach der Theorie sollte der Komet ein wenig heller als zur Zeit der Entdeckung 1889 Anfang Juli, also ca. 11. Größe sein. Daß er so sehr viel schwächer erschienen ist, läßt sich wenigstens zum Teil durch die große südliche Deklination, welche in der ganzen Sichtbarkeitsperiode 21 bis 27° betragen hat, ungezwungen erklären.

Die Elemente, welche Neugebauer seiner Ephemeride zugrunde gelegt hat, sind die von Bauschinger aus den Erscheinungen 1889 V und 1896 VI abgeleiteten, mit Hinzufügung der Störungen bis zur Epoche 1903 Nov. 25.0.

Epoche und Osk. 1903 Nov. 25.0 M. Z. Berlin, $M = 358° 24' 35.6''$ 1900.0, $\omega = 343° 37' 45.2''$ 1900.0, ☊ $= 18° 3' 54.4''$ 1900.0, $i = 6° 3' 44.1''$ 1900.0, $\varphi = 28° 1' 12.6''$ 1900.0, $\mu = 499.64775''$, $\log a = 0.567562$, T = 1903 Dez. 6.4542 M. Z. Berlin, U = 7.10 Jahre.

Bahnbestimmung des Bielaschen Kometen aus den Beobachtungen 1846 bis 1852. Eine solche hat Prof. v. Hepperger unternommen. Er hat aus den im Jahre 1852 angestellten Beobachtungen die Normalörter gebildet und die Resultate der Störungsrechnung mitgeteilt, welche die Erscheinungen des Kometen in den Jahren 1846 und 1852 verbindet. Ferner wurden die unter verschiedenen Annahmen über die Zeit der Trennung erhaltenen Elemente des Kometen berechnet, welche die Normalörter am besten darstellen. Die Summe der Fehlerquadrate wird am kleinsten, wenn man 1844 September 13 als Zeit der Trennung annimmt. Die Darstellung der Rektaszensionen ist nicht ganz befriedigend und wird auch nicht merklich besser, wenn man die wechselseitigen Störungen beider Kometen berücksichtigt. Hierdurch erscheint aber die Möglichkeit geboten, eine obere Grenze für die Masse des Bielaschen Kometen zu fixieren, deren Wert, die Erdmasse als Einheit angenommen, den Betrag von 1 Milliontel nicht zu erreichen scheint.

Untersuchungen über die Größen und Helligkeiten der Kometen und ihrer Schweife hat schon vor längerer Zeit Dr. J. Holetschek begonnen.[1] Jetzt veröffentlichte er eine Fortsetzung derselben, welche die Kometen der Jahre 1762 bis 1799 behandelt.[2] Es werden darin wie früher die in den Kometenberichten enthaltenen Angaben über die Helligkeit auf dieselbe Distanz von der Sonne und von der Erde reduziert (reduzierte Helligkeit H_1, ausgedrückt in Größenklassen m), die etwa vorhandenen, meist in Bogenminuten ausgedrückten Angaben über den scheinbaren Durchmesser eines Kometen auf die Distanz 1 von der Erde reduziert (D_1) und die Angaben über die scheinbare Schweiflänge in wahre Längen c umgerechnet (ausgedrückt in Teilen der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne).

Die erhaltenen Resultate lassen noch bestimmter als früher die Tatsache erkennen, daß zwei oder mehrere Kometen mit derselben Periheldistanz q, wenn sich für sie nahe dieselbe reduzierte Helligkeit H_1 ergibt, auch nahe dieselbe Mächtigkeit der Schweifentwicklung erreichen, daß also diese letztere — abgesehen von ihrem schon lange bekannten Zusammenhange mit der Annäherung eines Kometen an die Sonne — nahe gleichen Schritt hält mit der durch H_1 definierten Mächtigkeit eines Kometen. Ein solcher Parallelismus zwischen verschiedenen Kometen mit demselben q und H_1 ist auch bezüglich der Abweichungen der Helligkeitsänderungen von dem durch die Entfernung von Sonne und Erde bedingten Verhältnisse zu bemerken.

Die für die einzelnen Kometen gefundenen Hauptresultate sind in der hier beigefügten Übersicht zusammengestellt, zu welcher noch folgendes bemerkt werden soll.

---

[1] Denkschrift d. mathem.-naturw. Klasse d. k. Akad. d. Wissens. **63.**
[2] Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 314.

Von den für einen Kometen gefundenen Schweiflängen ist nur die größte und ebenso von den reduzierten Helligkeiten H_1, falls dieselben einen Gang zeigen, nur die bedeutendste angesetzt.

War der Schweif eines Kometen so hell, daß er mit bloßen Augen gesehen werden konnte, so ist der Länge ein * beigesetzt. In allen andern Fällen war somit der Schweif nur im Fernrohre zu sehen. War er selbst im Fernrohre so lichtschwach, daß er eigentlich nur zu vermuten oder bloß unter sehr günstigen Umständen zu erkennen war, so ist der Länge, ebenso wie auch einigen der Werte c = 0, ein Fragezeichen beigesetzt.

Bei den Kometen 1769 und 1770 I sind die Zahlen der ersten Zeile aus den Beobachtungen vor, die der zweiten aus den Beobachtungen nach dem Perihel abgeleitet.

Zum Enckeschen Kometen (E), der in diesem Zeitraume in zwei Erscheinungen beobachtet worden ist, sei bemerkt, daß die für 1795 gefundene Helligkeit $8^3/_4{}^m$ aus Beobachtungen zu der Zeit abgeleitet ist, in welcher sich der Komet der Sonne von r = 1.0 bis r = 0.7 genähert hat, während die für 1786 gefundene bedeutendere Helligkeit, 7.7^m, zu der Zeit gehört, in welcher er der Sonne schon bis r = 0.45 nahe gekommen war.

Komet	q	D_1	H_1	c
1762	1.01	—	$3^1/_2{}^m$	0.01
1763	0.50	3'	$8^1/_2$	0
1764	0.56	4	$6^1/_2$	0.01
1766 I	0.51	—	$6^1/_2$	0?
1766 II	0.40	—	5	0.08*
1769	0.12	3.8	3.5	0.5*
		2	3.2	0.2
1770 I	0.67	1.8	7	0
		—	$8^1/_2$	0.01 ?
1770 II	0.53	3.5	8	0.07
1771	0.90	> 2.5	4	0.15
1772 (B)	0.99	—	7	0.001
1773	1.13	7?	$3^1/_2$	0.04
1774	1.43	6?	6.0	0.01
1779	0.71	—	6.8	0.005
1780 I	0.10	—	5	0?
1780 II	0.52	—	6	0
1781 I	0.78	2	$7^1/_2$	0.001?
1781 II	0.96	3.5	6	0.03
1783	1.46	2	7	0
1784	0.71	2?	$3^1/_2$	0.08*
1785 I	1.14	—	8	0
1785 II	0.43	3.6	$4^1/_2$	0.2
1786 I (E) . . .	0.34	—	7.7	0?
1786 II	0.39	—	5	0.05?
1787	0.35	—	5	?
1788 I	1.06	—	8	0.02?
1788 II	0.76	5?	$7^1/_2$	0
1790 I	0.75	4	7	0
1790 II (Tu) . .	1.04	—	$8^1/_2$	0
1790 III	0.80	4	6	0.06

Komet	q	D_1	H_1	c
1792 I	1.29	5	$6^1/_2$	0.005?
1792 II	0.97	3.4	6	0.51
1793 I	0.40	—	6	0
1793 II	1.50	—	$6^1/_2$	0
1795 (E)	0.34	1.4	$8^3/_4$	0
1796	1.58	0.7	8	0?
1797	0.53	0.8	9	0
1798 I	0.49	—	8	0
1798 II	0.78	0.6	$10^1/_2$	0
1799 I	0.84	4	$5^1/_2$	0.06
1799 II	0.63	—	$5^1/_2$	0.03

Die Zahlen H_1 und c sind in der Abhandlung gemeinschaftlich mit denen des I. Teiles in einer Tabelle zusammengestellt, welche dazu benutzt werden kann, für irgend einen Kometen, falls man in der Tabelle schon einen andern oder auch mehrere mit nahezu derselben Periheldistanz q und derselben reduzierten Helligkeit H_1 findet, die zu erwartende Schweifentwicklung wenigstens versuchsweise vorauszubestimmen.

Daß das Verhältnis zwischen H_1 und c hier und da nicht völlig bestätigt erscheint, läßt sich fast überall auf die Stellung der betreffenden Kometen gegen den Beobachter zurückführen, indem ein Kometenschweif, der unter günstigen Sichtbarkeitsumständen sehr weit zu verfolgen ist, unter ungünstigen, namentlich in großen Distanzen von der Erde, in geringer Höhe über dem Horizonte und besonders in der Dämmerung, sehr verkürzt erscheinen kann.

Die Nachforschungen, die zu diesen Untersuchungen erforderlich waren, haben auch zu einigen Berichtigungen und Ergänzungen der Kometenliteratur geführt und insbesondere dazu Veranlassung gegeben, daß Beobachtungen des Kometen 1793 I, die in der astronomischen Literatur so gut wie ganz unbekannt waren, an das Licht gebracht worden sind.

Die Bredichinschen Schweiftypen der Kometen behandelt R. Jaegermann.[1]) Bredichin hat die erste Mitteilung über Kometenschweife am 17. September 1878 der K. Akad. der Wissenschaften in Petersburg gemacht. Sie bezeichnet den Anfang der Untersuchungen desselben über die Mechanik der Schweifbildung. Ähnliche Arbeiten, jedoch von engerm Gesichtspunkte aus, waren bis dahin nur für den Halleyschen Kometen in der Erscheinung von 1835 durch Bessel und für den Donatischen Kometen 1858 von Peirce, Norton und Pape ausgeführt worden. Bredichin gelangte zur Unterscheidung von drei Schweiftypen. Bezeichnet man die Anfangsgeschwindigkeit der von dem Kometenkerne in der Richtung gegen die Sonne hin ausgeschleuderten Materie mit g, die unbekannte repulsive Sonnenenergie,

[1]) Naturw. Rundschau 1904. Nr. 3.

mit $1 - \mu$, so ergaben die ersten numerischen Bestimmungen Bredichins folgende Resultate für die Schweiftypen:

I. Typus	$1 - \mu =$ 11.0	g = 0.15
II. „	$1 - \mu =$ 0.7	= 0.03
III. „	$1 - \mu =$ 0.1	= 0.01

wobei g = 0.01 der Geschwindigkeit von 295 *m* in der Sekunde entspricht. Der Wert von $1 - \mu$ war für den Typus I schwer mit Genauigkeit zu bestimmen. Bredichin fand durch seine Bearbeitung des großen Kometen von 1811, der sich zu jener Bestimmung ganz besonders eignet, den obigen Wert = 17.5, und mit diesem Werte, rund $1 - \mu = 18$, stimmen die Schweife des Typus I von 40 Kometen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler völlig überein. Die seit 1892 erhaltenen photographischen Aufnahmen von Kometen haben die Bredichinsche Typeneinteilung, sowie überhaupt die mechanische Kometentheorie außer allen Zweifel gestellt. Jaegermann gibt eine Tafel aller von Bredichin untersuchten Kometen, die nachstehend folgt. Sie sind in chronologischer Reihenfolge geordnet; ferner sind angegeben: die Länge des aufsteigenden Knotens (☊), das Argument des Perihels (ω), die Neigung (i), die Periheldistanz (q). Durch die Buchstaben (v) (vor dem Perihel) und (n) (nach dem Perihel) ist die Beobachtungszeit angegeben.

Nr.	Komet	Schweiftypen			Beobachtungszeit	q	ω	Ω		i	
1	1472	I	—	—	*v.*	0.486	246°	285°	53′	170°	50′
2	1577	—	II	III	*n.*	0.178	256	25	20	104	50
3	1580	—	II	—	*v.*	0.602	89	19	7	64	34
4	1582	—	—	III	*n.*	0.169	332	227	14	118	34
5	1618 II	—	II	—	*n.*	0.390	287	75	44	37	12
6	1652	—	II	—	*n.*	0.848	300	88	10	79	28
7	1664	—	II	—	*n.*	1.026	311	81	16	158	42
8	1665	I	—	—	*v.*	0.107	156	228	2	103	55
9	1680	—	II	—	*v. n.*	0.0062	351	272	9	60	40
10	1682	I	—	—	*v.*	0.583	109	51	11	162	15
11	1744	I	II	—	*v. n.*	0.222	151	45	45	47	7
12	1769	I	II	—	*v.*	0.123	329	175	4	40	46
13	1807	I	II	—	*n.*	0 646	4	266	47	63	10
14	1811 I	I	II od.	III	*n.*	1.035	65	140	25	106	57
15	1819 II	—	II	—	*n.*	0.341	13	273	42	80	45
16	1823	—	—	III	*n.*	0.227	28	303	3	103	48
17	1825 IV	I	II	—	*v.*	1 241	257	215	43	146	27
18	1835 III	I	—	III	*v.*	0.587	111	55	10	162	15
19	1843 I	I	II	—	*n.*	0.0055	83	1	15	144	19
20	1844 III	—	II	III	*n.*	0.252	178	118	19	45	39
21	1853 II	—	—	III	*v.*	0.909	199	40	58	122	11
22	1853 III	I	—	III	*v.*	0.307	170	140	31	61	31
23	1853 IV	—	—	III	*v.*	0.173	278	220	6	119	0
24	1854 II	—	II	—	*n.*	0.277	102	315	28	97	28
25	1854 III	—	II	—	*n.*	0.648	75	347	40	108	41

Nr.	Komet	Schweiftypen			Beobachtungszeit	q	ω	Ω	i
26	1857 III	—	—	III	*v.*	0.368	134	23° 42′	121° 1′
27	1858 VI	I	II	—	*n.*	0.579	129	165 19	116 58
28	1860 III	—	II	—	*n.*	0.293	77	84 41	79 16
29	1861 II	I	—	III	*n.*	0.822	330	278 59	85 26
30	1862 III	I	—	III	*v. n.*	0.963	153	137 27	113 34
31	1863 IV	I	—	—	*n.*	0.707	357	97 29	78 5
32	1865 I	—	II	III	*n.*	0.0258	112	252 56	92 30
33	1874 III	I	II	—	*v. n.*	0.676	152	118 44	66 21
34	1877 II	I	—	—	*n.*	0.950	63	316 27	121 9
35	1880 I	—	II	—	*n.*	0.0055	86	6 10	144 40
36	1881 III	I	II	—	*n.*	0.735	354	270 58	63 26
37	1881 IV	I	II	—	*v. n.*	0.634	122	97 3	140 14
38	1882 I	I	II	III	*n.*	0.0608	209	204 56	73 49
39	1882 II	I	II	III	*n.*	0.0077	69	346 1	142 0
40	1884 I	I	II	—	*v.*	0.776	199	254 6	74 3
41	1886 I	—	II	—	*n.*	0.642	127	36 23	82 37
42	1886 II	—	II	—	*n.*	0.479	120	68 19	84 26
43	1886 IX	I	II	III	*v. n.*	0.663	86	137 23	101 38
44	1887 I	—	—	III	*n.*	0.0055	65	339 38	137 37
45	1889 I	—	—	III	*n.*	1.815	340	357 25	166 22
46	1892 III	I (?)	—	—	*n.*	2.142	14	331 38	20 47
47	1893 II	I	—	—	*n.*	0.675	47	337 21	159 58
48	1893 IV	I	II	—	*n.*	0.812	347	174 55	129 50
49	1894 II	—	II (?)	III (?)	*n.*	0.983	324	206 21	87 4
50	1899 I	I	—	III	*v. n.*	0.327	9	24 59	146 15
51	1901 I	—	II	III	*n.*	0.245	203	109 39	131 5

Neben dem großen, vollständig entwickelten Schweife des I. Typus waren beim Kometen 1811 I schwache Spuren von Nebenausläufern hinter dem Hauptschweife vorhanden; doch kann infolge mangels des Beobachtungsmateriales ihre Zugehörigkeit zum II. oder III. Typus nicht festgestellt werden. Dasselbe läßt sich vom äußerst schwachen Schweife des Kometen 1892 III (Holmes) sagen, dessen sehr große Periheldistanz eine bedeutendere Schweifentwicklung verhinderte. Die von Max Wolf gegebene Beschreibung seiner vom Kometen 1894 II erhaltenen Photographie kann ebenfalls nicht zur genauen Bestimmung der Schweiftypen ausgenutzt werden. Dagegen ist sie in der Hinsicht sehr wertvoll, indem sie die für die mechanische Theorie sehr wichtige Wellen- und Gammaform der Schweife nachweist.

Wie aus der Tafel zu ersehen, treten die verschiedenen Schweiftypen bei Kometen mit den verschiedenartigsten Elementen auf. Es kann somit das vorwiegende Auftreten des einen oder andern Typus nur von Unterschieden im physikalisch-chemischen Bau der Kerne herrühren. Sieht man von den Kometen 1892 III, 1894 II ab, und läßt man ebenfalls den II. oder III. Typus des Kometen 1811 I beiseite, so besaßen 49 von Bredichin mechanisch untersuchte Ko-

meten zusammen 75 Schweife, von denen 26 dem I. Typus, 30 dem II. Typus und 19 dem III. Typus angehören. Die Schweife des III. Typus wurden also weniger als die der andern Typen beobachtet. Die Ursache hiervon liegt wahrscheinlich in der allgemeinen Schwäche und Verschwommenheit dieser Schweife. Unter Berücksichtigung dieses letzten Umstandes kann der allgemeine Schluß gezogen werden, daß die drei Schweiftypen im Durchschnitte gleichmäßig bei allen Kometen auftreten, daß die Kometen somit in physikalisch-chemischer Hinsicht identisch untereinander sind, was mit den Resultaten der Spektralanalyse übereinstimmt.

Die den drei Schweiftypen entsprechenden Werte von $1-\mu$ und g sind:

	I. Typus	II. Typus	III. Typus
$1-\mu$:	18;	von 2.2 bis 0.5;	von 0.3 bis >0.
g:	von 0.34 bis 0.1;	von 0.07 bis 0.03;	von 0.02 bis 0.01.

Als Zeiteinheit für die Anfangsgeschwindigkeit g sind $1:\varkappa = 58.13244$ Tage angenommen ($\varkappa$ ist die Gaußsche Konstante). Als Distanzeinheit gilt die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne (149 480 976 *km*), entsprechend der Parallaxe 8.80″ und den Besselschen Erddimensionen. Die repulsive Kraft $1-\mu$ der von der Sonnenrichtung ausgehenden, unbekannten Energie ist in Einheiten der gewöhnlichen Attraktion ausgedrückt.

Bredichin erklärte die strenge Getrenntheit der Schweiftypen durch die Annahme, daß die Schweife I. Typus aus den Molekeln von reinem Wasserstoff, die des II. Typus aus den Molekeln von Kohlenwasserstoff, Natrium usw., die des III. Typus aus den Molekeln von Eisen und andern schwerern Metallen gebildet sind.

Bredichin hat also die später in den Kometen 1882 I und 1882 II entdeckten Elemente Natrium und Eisen schon 1879 auf Grund seiner Typeneinteilung nachgewiesen; das Element Wasserstoff konnte dagegen, abgesehen von zwei zweifelhaften Fällen: beim Kometen 1882 I (beobachtet von Bredichin), 1893 IV (beobachtet von Campbell), spektroskopisch bisher nicht nachgewiesen werden. Bredichin erklärt dieses dadurch, daß die verhältnismäßig schwachen Wasserstofflinien von den entsprechenden Fraunhoferschen Linien des vom reflektierten Sonnenlichte herrührenden, kontinuierlichen Spektrums verdunkelt werden. Selbst bei einer großen relativen Bewegung des Kometen zur Erde werden die Wasserstofflinien, sowie auch dic Fraunhoferschen Linien, dem Dopplerschen Prinzip gemäß, eine gleichförmige Verschiebung erleiden, so daß nur in äußerst günstigen Fällen bei besonderer Intensität der Wasserstofflinien letztere sichtbar werden können.

Bei einigen Kometen (ungefähr sechs), darunter auch Komet 1893 II, ergaben sich für den I. Schweiftypus Größen der repulsiven Kraft, welche bedeutend den Wert $1-\mu = 18$ übertreffen. Diese Werte

gruppieren sich (innerhalb der Grenzen der dem I. Typus eigenen Fehler) um die Zahl 40.

Sollte sich dies bestätigen, also zwei sehr voneinander verschiedene Werte von $1 - \mu$ für den Typus I sicher hervorgehen, so müßte man das Vorhandensein eines Stoffes noch leichter als Wasserstoff oder eine Dissoziation der Molekeln von Helium und Wasserstoff annehmen.

Meteoriten.

Der Meteorit von Peramiho. Der neue Eukrit, von dem ein einziges Exemplar bekannt wurde, das sich jetzt in der Meteoritensammlung des naturhistorischen Hofmuseums befindet, ist am 24. Oktober 1899, 7^h morgens, in nordwestlicher Richtung, drei Stunden weit von der katholischen Missionsstation Peramiho im Gebiete von Ungoni, Bezirk Songea in Deutschostafrika, niedergefallen. Der Stein ist kinderfaustgroß und hat ein Gewicht von 165 *g*. Sein Äußeres zeigt viel Ähnlichkeit mit den Steinen von Stannern. Die wesentlichen Gemengteile des Steines bestehen aus Anorthit, monoklinem und rhombischem Pyroxen, während Magnetkies und Magnetit als untergeordnete Nebengemengteile vorhanden sind.

Nach der Berechnung der von Hofrat E. Ludwig ausgeführten Analyse ist der Stein aus 30% Anorthit und 70% Pyroxen zusammengesetzt.

Bezüglich seines Gefüges zeigt der Stein eine zusammengesetzte Struktur. Es sind Gesteinspartien mit ophitischer Struktur und mit Trümmerstruktur zu unterscheiden. Aus dem petrographischen Verhältnisse beiderlei Teile lassen sich drei Zustandsphasen erkennen, die der Stein durchgemacht hat. Als unterste erkennbare Entwicklungsstufe des Steines hat ein Trümmergebilde vorgelegen, das wahrscheinlich einem breccienartigen Zustande entsprochen hat. Zu einer spätern Zeit hat die Eukritbreccie eine durch Erhitzung bewirkte Umwandlung erfahren, wobei der Anorthit vollständig und der Pyroxen teilweise zur Schmelzung kam, und die rekristallisierten Anorthite mit den regenerierten Pyroxenen in Gestalt von Einschlüssen angefüllt wurden. Nach dieser Entwicklungsphase hat der Stein starke Pressungen erfahren, die am deutlichsten in den Verwerfungen der Anorthitzwillingslamellen und auch sonstigen Erscheinungen von Kataklase zum Ausdrucke kommen. Der Periode mechanischer Veränderungen ist dann eine zweite Einschmelzung gefolgt, von der der Stein jedoch nur partienweise ergriffen wurde. Bei dieser Einschmelzung, wo sich Schwefelkies in den Schmelzherden ansiedelte, der Feldspat in Körnerform wieder kristallisierte und die Pyroxene sich in Körner und Fetzen auflösten, ist es auch zur Bildung von glasigen Adern gekommen, jenem Geästel, das auf der Bruch-

fläche die dem freien Auge erkennbare graue Verfärbung der sonst hellfarbigen Steinmasse hervorbringt.

Eine neue Gruppe von Meteoreisen. Prof. Friedrich Berwerth hat der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien eine Abhandlung überreicht, in der er eine neue Gruppe von Meteoreisen, die Metabolite, schildert. Im Jahre 1902 hat Prof. Berwerth gelegentlich der Besprechung des Meteoreisenzwillings von Mukerop zum ersten Male die Ansicht ausgesprochen, daß die am Mukeropeisen partienweise vorhandene, durch einen matten Schimmer gekennzeichnete Verschleierung des oktaedrischen Gefüges als eine Folge von Erhitzung des Blockes aufzufassen und die Quelle der Erwärmung oder schärfern Anheizung desselben außerhalb unserer Atmosphäre zu suchen sei. Zu dieser Ansicht führte ihn der Vergleich des dunstartigen Schleiers bei Mukerop mit dem Gefüge der an ganz wenigen Meteoreisen erhaltenen randlichen Veränderungszone, deren Entstehen durch Erhitzung in unserer Atmosphäre von niemand angezweifelt wird. Die Gleichartigkeit der Erscheinungen, in beiden Fällen in einer Umkristallisierung, resp. Körnung der Eisenmasse bestehend, veranlaßte ihn dann notwendigerweise zu dem Ausspruche, daß die meisten sogenannten „dichten Meteoreisen" auf dem Wege der Erhitzung im festen Zustande umgewandelte oktaedrische Eisen seien.

Seither sind ihm die auf chemisch-physikalischen Arbeitsverfahren beruhenden wichtigen Resultate metallographischer Forschungen bekannt geworden, und die bisherigen experimentellen Erfahrungen über die beim Abkühlen oder Erwärmen im festen Zustande vor sich gehenden Umwandlungen in den Metallegierungen bieten eine ausreichende Analogie, um die bei vielen oktaedrischen Eisen vorhandene feine bis grobe Körnung auf eine Anwärmung oder schärfere Erhitzung des betreffenden Eisens zurückzuführen, ein Vorgang, wie er eben an künstlichen Metallegierungen genügend erhärtet ist. Um sich über das erwartete Vorhandensein des oktaedrischen Netzgefüges bei den dichten und körnigen Eisen zu orientieren, hat er alle ihm zur Verfügung stehenden dichten und körnigen Eisenproben einer kritischen Besichtigung unterzogen. Er ist dabei zu dem Resultate gelangt, daß unter 36 Fällen an 27 dichten oder körnigen Eisen die oktaedrische Netzstruktur mehr oder weniger vollkommen erhalten und genügend deutlich nachweisbar ist. Zur Beobachtung genügt für gewöhnlich die Anwendung einer Lupe. Vollkommen erhaltene oktaedrische Balkennetze oder nur Relikte oktaedrischer Struktur wurden in folgenden Beispielen beobachtet: Cacaria, Campo del cielo, Chesterville, Chile, Deep Springs Farm, Forsyth County, Howard County, Iquique, Kapeisen, Linnville Mountain, Locust Grove, Morradal, Nenntmannsdorf, Oktibbeha County, Primitiva, Rafrüti, Rasgata, San Francisco del Mezquital, Santa Rita

(Signeteisen), Senegal, Shingle Springs, Sierra de Deesa, Smithland, Summit, Tombigbee River, Tucson (Carleton Tucson), Willamette. Sichtbare oder sichere Spuren oktaedrischen Gefüges fehlen in den Proben: Auburn, Bingera, Canada de Hierro, Cincinnati, Hollands Store, Illinois Gulch, Kendall, Nedagolla, San Cristobal. Damit will Prof. Berwerth aber nicht ausgesagt haben, daß der oktaedrische Bau in diesen Eisen ursprünglich nicht vorhanden gewesen ist. In allen diesen Fällen ist er der Meinung, daß oktaedrische Bändersysteme nur nicht auffindbar sind, weil selbst die letzten Spuren eines solchen bei der Umkristallisierung vollständig aufgezehrt wurden. Das Eisen von Willamette vermittelt in ausgezeichneter Weise den Übergang vom oktaedrischen Gefüge zur reinen, stets zyklopenartigen Körnung, und das Eisen von Hammond und das Kapeisen sind als Beispiele zur Beobachtung der Umwandlung von feinen Lamellensystemen in den fein kristallinischen Zustand zu empfehlen. Die Ableitung des jetzigen feinkristallinen oder körnigen Zustandes von der oktaedrischen Primärstruktur muß einer eingehenden Darstellung jeden einzelnen Falles vorbehalten bleiben. Die sekundär erworbene, fein- oder grobkörnige Struktur erscheint hier ebenso als Deckstruktur über der oktaedrischen Struktur, wie bei den Chondriten das durch Schmelzung entstandene kristallinische Gefüge über der Tuffstruktur.

Aus den tatsächlichen Beobachtungen geht also hervor, daß die dichten und körnigen Eisen als Derivate von oktaedrischen Eisen zu definieren sind, aus denen sie durch eine außerhalb unserer Atmosphäre eingetretene stärkere Erhitzung oder Anwärmung im festen Zustande umkristallisiert sind.

Für ein durch Umkristallisierung hervorgegangenes Eisen wählt Prof. Berwerth die Bezeichnung „Metabolit“ und wird deren Gesamtheit dem Rose-Tschermakschen Meteoritensysteme als „Gruppe der Metabolite“ einfügen. Da bei den Meteorsteinen dargetan ist, daß eine große Reihe von Steinen durch Schmelzung umgewandelte Trümmerprodukte sind, so wird im revidierten Systeme neben der Gruppe „der Eisenmetabolite“ eine große Gruppe der „Steinmetabolite“ zu unterscheiden sein.

Tektite von beobachtetem Falle, eine neue Klasse von Meteoriten. Dr. A. Brezina hat der Wiener Akademie der Wissenschaften eine Mitteilung über den wirklich beobachteten Niederfall von Aerolithen gemacht, welche zu den Moldaviten zu stellen sind, deren meteorische Natur zuerst Verbeek und später Franz E. Sueß behauptet haben. [1])

Im Jahre 1897 hat R. D. M. Verbeek den Moldaviten, Billitoniten und Australiten einen gemeinsamen außerirdischen Ursprung (aus den Mondvulkanen zugeschrieben), und 1898 hat Dr. Franz E. Sueß

---

[1]) Wiener Akad. Anz. 1904. Nr. 5.

sie als eine eigene Klasse der Meteorite unter dem Namen der Tektite angesprochen und ihre Eigenschaften sehr eingehend untersucht.

Die Argumente für die aerolithische Natur dieser eigentümlichen Gläser waren hauptsächlich folgende:

1. Ihre Oberflächenbeschaffenheit läßt sich weder durch Abrollung, noch durch Abwitterung erklären, sondern entspricht vollkommen der der Meteorite.

2. Ihr chemisches Verhalten und ihre Zusammensetzung unterscheiden sich wesentlich von denen der natürlichen und künstlichen Gläser irdischer Herkunft; die Tektite sind wasserfrei und scheinen sich in einer wasserdampffreien Atmosphäre gebildet zu haben.

3. Auch die physikalischen Eigenschaften unterscheiden die Tektite sowohl von den natürlichen als den künstlichen irdischen Gläsern.

Trotzdem haben sich die fachmännischen Kreise der Anschauung von der aerolithischen Natur dieser Körper bisher größtenteils verschlossen.

In der Literatur ist seit nahe 50 Jahren der Fall eines Tektites unter den bei Meteoritenfällen gewöhnlichen Erscheinungen verzeichnet.

Am 17. Mai 1855, nachmittags 6 Uhr, fielen auf dem Hofe des Gutes Igast bei Walk in Livland unter 57° 50 N, 26° 13 O. Gr. mit einer gewaltigen Lichterscheinung und einer furchtbaren Detonation etwa zwei Hände voll bimsstein- oder lavaähnlicher Körper von dunkelbrauner, aschgrauer oder braunroter Farbe, welche „Übergänge von einer feinlöchrigen oder feinzelligen, geschmolzenen oder gefritteten Masse bis zu einer blasenreichen, vollkommen entwickelten, gleichartigen Lava“ zeigen. Sie besitzen meist eine zusammenhängende, glatte Schlackenrinde.

Das spezifische Gewicht der gepulverten und ausgepumpten Masse war 2.679, das der unveränderten, gekochten Masse 2.310 und das der unveränderten, nicht gekochten Masse 1.540. Die Moldavite haben 2.318 bis 2.385, die Billitonite 2.443 bis 2.503, die Australite 2.419 bis 2.470 spez. Gewicht.

Die Fallerscheinungen von Igast sind durch verläßliche Zeugen beobachtet.

Die chemische Zusammensetzung des Igaster Tektites fällt vollständig in die von Sueß veröffentlichte Reihe von sieben neuern Analysen Budweiser und Trebitscher Moldavite, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt.

I bis III Moldavit von Radomilitz bei Budweis, Analysen von C. v. John.

IV Moldavit von Wittingau (?), Budweis, Analyse von J. Hanamann.

V Moldavit von Budweis, Analyse von C. v. John.

VI und VII Moldavite von Trebitsch, Analyse von C. v. John.

VIII Igast, Analyse von Grewingk Schmidt.

Igast wurde zumeist als Pseudometeorit angesehen.

Am 24. Januar des laufenden Jahres, abends 8 Uhr, fiel nach brieflicher Mitteilung des Herrn Dr. G. Brandes, Privatdozenten der Zoologie, in Halle a. S. ein Meteorit auf den gepflasterten Hof eines Bankhauses vor der Wohnung des Hausmannes, dessen Frau mit ihren beiden Kindern durch die Lichterscheinung erschreckt wurde. Erst am andern Morgen fand der Hausmann den Stein in der Größe einer Feige auf einem verkohlten Papier liegen. Auf Anfrage in der Zeitung meldeten sich noch vier Personen, die vom Zimmer aus die Lichterscheinung wahrgenommen hatten, und zwar von SO nach NW. Eine Familie (fünf Personen), die sich außerhalb der Stadt befand, hat auch eine Detonation gehört, die sie aber gar nicht in Verbindung mit der Lichterscheinung brachte, weil sie eine geraume Zeit später erfolgte (½ Minute). Der Stein ist durch und durch glasig, er gleicht einem Obsidian.

Die beiden sichern Fälle von Igast und Halle dürften nunmehr die letzten Zweifel an der aerolithischen Natur der Tektite beseitigen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII Igast
SiO_2	82.28	77.75	77.69	81.20	82.68	78.61	77.96	80.87
Al_2O_3	10.08	12.90	12.78	9.65	9.56	12.01	12.20	9.93
Fe_2O_3	—	—	2.05	2.25 (Fe₂O₃ + FeO)	—	0.16	0.14	2.45 (Fe₂O₃ + FeO)
FeO	2.03	2.60	1.45		1.13	3.09	3.36	
MnO	—	—	—	0.11	0.18	0.11	0.10	0.20
CaO	2.24	3.05	1.26	2.65	2.06	1.62	1.94	0.75
MgO	0.98	0.22	1.15	1.80	1.52	1.39	1.48	1.58
K_2O	2.20	2.58	2.78	2.34	2.28	3.06	2.70	3.13
Na_2O	0.28	0.26	0.78	—	0.63	0.44	0.61	0.76
Glühv.	0.06	0.10	—	—	—	—	—	0.32*
	100.15	99.46	99.94	100.00	100.04	100.49	100.49	99.99

* In Wasser Lösliches.

Fixsterne.

Der Katalog der veränderlichen Sterne der Sternwarte des Harvard-College zu Cambridge.[1])

Zu diesem Verzeichnisse gibt Prof. Pickering bereits ein Supplement,[2]) das seinem wesentlichen Inhalte nach hier folgt.

[1]) Vergl. dieses Jahrbuch **14**. p. 112.

[2]) Harvard Observatory Bull. Nr. 77.

Name	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
— Piscium . . .	0 17.2	+ 6 7	—	—	—	1903	Kosz
— Ursae Minoris .	1 22.6	+ 88 46	—	—	—	1903	Jost
— Sculptoris . .	22.6	— 33 25	9 8	11.0	—	1903	de Sitter
RU Andromedae .	32.8	+ 38 10	9	13	265 ?	1903	Williams
— Andromedae .	2 11.4	+ 43 51	8.8	9.9	—	1903	Hagen
Z Cephei . . .	12.8	+ 81 13	9.5	<12.5	—	1903	L. Ceraski
R R Cephei . . .	29.4	+ 80 42	9	<13	390 ?	1903	L. Ceraski
X Camelopardali .	4 32.6	+ 74 56	9	13	152	1903	L. Ceraski
— Orionis . . .	5 27.0	— 4 31	14 0	<15	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.2	— 5 7	11 3	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.3	— 7 33	13.3	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.8	— 7 39	13.6	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	28 6	— 5 16	13.8	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.0	— 4 52	13 0	15.2	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.4	— 6 40	13 0	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.9	— 4 44	12.5	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.0	— 5 51	12 5	14 0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.3	— 5 50	12.0	14.5	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.3	— 4 50	12 7	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.4	— 5 39	12.3	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30 7	— 6 49	12.5	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	5 31.0	— 4 51	12.8	<15	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	31.0	— 6 55	12.5	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	31.2	— 6 46	12 6	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	32.3	— 3 35	13 0	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	33.6	— 7 19	13 5	15 0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	34 5	— 4 57	12 5	13.2	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	35.7	— 6 29	13.2	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36 0	— 8 9	13 0	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36 0	— 8 8	12.8	13.9	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36 6	— 4 11	9.8	<15	—	1903	Wolf
— Tauri	46.8	+ 15 58	—	—	—	1903	Fleming
— Geminorum .	6 19.8	+ 19 35	—	—	—	1903	Graff
Nova Geminorum	37 8	+ 30 3	5 0	?	—	1903	Turner
RS Geminorum .	55.2	+ 30 40	9.5	11	115 ?	1903	L Ceraski
Z Geminorum . .	7 1.6	+ 22 41	9 5	12	—	1903	Graff
R R Monocerotis .	12.4	+ 1 17	9 3	<15	336 ?	1903	L. Ceraski
R R Geminorum .	15.2	+ 31 4	10	11.5	0.3+	1903	L. Ceraski
— Canis Majoris .	17.3	— 25 16	8.7	10.2	—	1903	de Sitter
Y Camelopardali .	27 6	+ 76 17	9.5	<11	3.3+	1903	L. Ceraski
— Puppis . . .	8 21 8	— 39 43	—	—	—	1903	de Sitter
— Centauri . . .	13 7.6	— 56 26	—	—	—	1903	Breslin
T Ursae Minoris .	32.6	+ 73 56	9	<13	323 ?	1903	L. Ceraski
S T Herculis . .	15 47.8	+ 48 47	7.4	8.1	R	1903	M. and K.
— Normae . . .	16 25.6	— 46 43	8.8	10 0	—	1903	de Sitter
S U Herculis . .	17 44.7	+ 22 34	10	<12	—	1903	L. Ceraski
— Sagittarii . .	48.2	— 24 49	9 3	<10.6	—	1903	de Sitter
— Sagittarii . .	17 57.2	— 24 30	11.2	13.8	—	1903	Wolf
— Lyrae . . .	18 37.6	+ 28 43	—	—	—	1903	Fleming
R Z Lyrae . . .	39 9	+ 32 42	9.9	11.2	0.5+	1993	Williams
R Y Lyrae . . .	41.2	+ 34 34	10	12	348 ?	1903	Williams
R X Lyrae . . .	50.4	+ 32 42	11	<15	250	1903	Seeliger
— Lyrae	19 10 4	+ 46 49	9.2	10 3	—	1903	Anderson
— Aquilae . . .	27.8	+ 10 19	11.5	15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	30.4	+ 7 2	12.5	14	—	1903	Wolf

Name	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Aquilae . . .	33.2	+ 12 42	13	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	34.0	+ 12 33	11.0	14 5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	34.3	+ 11 1	13	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	36.4	+ 7 40	11.5	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	38.1	+ 13 12	12.0	14.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	40 4	+ 8 22	11.0	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	41.8	+ 10 13	13.5	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	41.9	+ 10 33	14	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42 4	+ 7 14	11.5	13.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42.5	+ 12 22	11.5	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42.8	+ 9 17	12.0	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	19 43.7	+ 11 47	10 0	12.0	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	44.6	+ 12 14	11.0	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	46.0	+ 12 8	11.5	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	46.3	+ 12 34	11	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	48.7	+ 9 51	12	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.0	+ 10 4	12	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.1	+ 9 27	11	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.4	+ 7 24	11.5	12.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.5	+ 7 45	13	<14	—	1903	Wolf
V W Cygni . . .	20 11.4	+ 34 12	9.8	11.8	8.4÷	1903	Williams
— Capricorni . .	13.3	— 16 10	—	—	—	1903	Fleming
— Cygni	14 8	+ 37 8	—	—	—	1903	Wolf
V X Cygni . . .	53.6	+ 39 48	9	10	20	1903	Williams
— Cygni	21 0.4	+ 39 35	8.8	9.5	7.8+	1903	Williams
— Pegasi . . .	23 11.8	+ 10 4	—	—	—	1903	Fleming
— Ceti	54.5	— 25 0	9.7	<11.5	—	1903	de Sitter

Zu dieser Ergänzung ist folgendes zu bemerken: Der Stern Ursae minoris in AR 1^h 22.6^m D + 88° 46′ ist der Begleiter des Polarsternes. Seine Veränderlichkeit ist neuerdings wieder zweifelhaft geworden. Der Stern Geminorum AR 6^h 19.8^m D + 19° 31′ ist in der Bonner Durchmusterung enthalten, aber vielleicht nur irrtümlich. Er fehlt am Himmel.

Veränderliche Sterne in den Magellanischen Wolken. Das von Prof. Pickering gegebene[1]) Verzeichnis der veränderlichen Sterne in der kleinen Magellanischen Wolke ist folgendes:

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° ′				h m	° ′		
1	0 9.5	— 73 11	11.8	13.4	30	0 52.4	— 73 44	13.6	14.9
2	0 18.9	— 72 40	11.4	13.3	31	0 53.6	— 71 48	13.4	14.3
3	0 20.2	— 72 27	11.5	12.4	32	0 54.5	— 72 57	12.5	13.2
4	0 20.2	— 72 38	11.7	12.3	33	0 54.9	— 72 19	14.0	14.9
5	0 20.7	— 72 36	11.4	12.4	34	0 55.0	— 72 58	13.8	15.0
6	0 24.4	— 72 44	11.9	12.6	35	0 55.1	— 72 59	12.9	14.5
7	0 33.6	— 74 31	13.9	14.7	36	0 55.4	— 72 27	14.0	14.9
8	0 34.7	— 74 30	13.8	14.7	37	0 56.4	— 73 25	13.1	14.0

[1]) Harvard Observatory Circular Nr. 79.

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° ′				h m	° ′		
9	0 35.4	−72 34	12.0	13.2	38	0 56.5	−73 59	13.9	14.6
10	0 36.7	−74 14	13.0	14.4	39	0 57.7	−72 44	11.8	13.4
11	0 37.1	−74 16	12.0	13.7	40	0 57.8	−72 42	14.5	15.0
12	0 37.5	−71 10	13.6	14.4	41	0 58.4	−70 34	10.8	<14.5
13	0 38.0	−74 17	10.8	12.1	42	0 59.4	−72 31	13.7	15.2
14	0 38.3	−74 5	13.0	13.8	43	1 0.7	−73 7	13.4	14.9
15	0 40.1	−74 10	12.1	13.3	44	1 2.5	−72 56	13.7	14.5
16	0 43.3	−73 16	11.1	12.0	45	1 2.7	−74 11	13.4	14.2
17	0 44.8	−73 0	12.6	13.7	46	1 3.8	−73 48	11.9	13.2
18	0 45.6	−73 55	13.6	14.3	47	1 4.4	−73 45	12.0	12.9
19	0 45.9	−73 3	12.7	13.9	48	1 4.8	−72 3	12.9	13.7
20	0 46.4	−73 46	13.6	15.0	49	1 5.0	−74 16	12.9	13.5
21	0 46.8	−73 18	11.1	12.1	50	1 5.8	−72 35	13.4	14.7
22	0 47.2	−74 6	14.2	15.0	51	1 7.5	−73 8	13.3	14.3
23	0 47.7	−74 8	14.4	15.0	52	1 7.9	−77 23	11.0	13.4
24	0 47.8	−73 11	12.3	13.6	53	1 10.4	−73 3	13.4	14.3
25	0 49.3	−70 25	9.4	14.3	54	1 10.8	−72 13	12.9	14.7
26	0 50.3	−72 49	11.1	12.0	55	1 26.1	−74 18	11.2	12.0
27	0 50.7	−73 10	13.2	13.9	56	1 32.0	−75 43	11.0	12.5
28	0 52.4	−72 5	12.8	13.7	57	1 38.9	−75 1	11.6	12.5
29	0 52.4	−72 31	11.7	12.8					

Folgendes ist das von Prof. Pickering gegebene[1]) Verzeichnis der neu entdeckten Veränderlichen in der großen Magellanischen Wolke:

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° ′				h m	° ′		
1	4 55.2	−67 38	13.9	14.8	24	5 6.8	−68 48	13.7	14.8
2	4 55.4	−71 4	12.7	14.7	25	5 7.1	−68 33	14.4	15.0
3	4 55.8	−70 25	14.3	15.0	26	5 7.2	−70 56	13.7	15.0
4	4 57.1	−69 31	13.0	13.7	27	5 7.3	−68 44	14.3	15.0
5	4 57.3	−67 31	14.0	14.9	28	5 7.4	−69 1	13.0	14.7
6	4 57.5	−68 8	13.8	14.7	29	5 7.7	−70 10	12.2	13.6
7	4 58.6	−70 7	12.8	14.5	30	5 8.4	−69 22	13.9	14.9
8	4 58.8	−69 36	12.8	14.7	31	5 8.6	−70 34	13.0	13.8
9	4 59.2	−67 52	13.9	14.9	32	5 8.7	−70 47	13.7	14.8
10	4 59.6	−70 29	13.3	14.8	33	5 8.8	−68 54	12.2	14.4
11	5 0.3	−69 36	12.0	14.0	34	5 9.8	−68 52	13.6	15.0
12	5 0.5	−68 36	11.7	13.9	35	5 9.9	−69 2	13.9	15.0
13	5 1.9	−68 14	11.4	15.5	36	5 10.4	−67 58	13.8	14.1
14	5 2.3	−69 3	13.0	14.0	37	5 10.5	−69 7	14.4	14.9
15	5 2.9	−66 22	12.8	14.2	38	5 10.5	−70 34	12.5	13.7
16	5 2.9	−69 41	13.8	14.9	39	5 10.6	−68 48	14.3	15.0
17	5 4.3	−67 24	12.7	14.8	40	5 11.2	−69 16	13.3	14.6
18	5 4.3	−69 4	13.1	14.7	41	5 11.4	−68 14	13.9	14.4
19	5 4.6	−69 14	14.0	14.6	42	5 12.5	−69 13	14.1	14.8
20	5 4.7	−69 10	13.0	15.0	43	5 13.4	−69 13	14.4	15.0
21	5 4.8	−68 52	13.8	14.5	44	5 14.9	−69 19	14.2	14.7
22	5 6.6	−69 15	13.4	14.9	45	5 15.0	−67 34	13.5	14.8
23	5 6.7	−70 42	14.0	15.0	46	5 15.9	−69 20	14.6	15.0

[1]) Harvard Observatory Circular Nr 82.

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° ′				h m	° ′		
47	5 16.0	−69 11	14.3	15.1	100	5 28.4	−67 8	13.9	14.7
48	5 16.1	−70 14	13.9	15.0	101	5 28.4	−69 55	14.2	14.7
49	5 16.3	−69 22	14.4	15.0	102	5 28.8	−70 5	13.2	14.8
50	5 16.4	−69 10	14.3	14.9	103	5 29.0	−69 53	14.1	15.0
51	5 16.6	−69 34	14.2	15.0	104	5 29.5	−69 45	14.4	<15.5
52	5 17.0	−69 39	14.3	14.9	105	5 29.5	−69 45	14.8	15.2
53	5 17.0	−70 42	13.0	14.0	106	5 29.5	−69 45	14.8	<15.5
54	5 17.2	−69 50	14.7	15.3	107	5 29.6	−70 2	13.8	15.0
55	5 17.4	−70 24	14.5	15.1	108	5 29.8	−69 55	14.1	15.1
56	5 17.5	−69 26	14.4	15.1	109	5 30.2	−67 37	14.4	15.0
57	5 17.9	−70 52	13.6	14.5	110	5 30.2	−69 50	14.1	14.9
58	5 18.7	−67 19	12.9	14.0	111	5 30.5	−69 13	13.8	14.1
59	5 19.3	−68 20	14.1	14.7	112	5 30.6	−70 18	14.7	15.2
60	5 19.4	−70 52	14.4	15.0	113	5 31.0	−69 31	13.3	14.2
61	5 19.9	−69 42	13.6	14.6	114	5 31.0	−69 57	14.0	15.0
62	5 20.6	−69 16	14.0	14.9	115	5 31.2	−67 30	13.1	14.3
63	5 20.6	−68 2	14.2	14.7	116	5 31.3	−70 9	14.6	15.2
64	5 20.8	−68 10	14.2	14.6	117	5 31.3	−70 42	14.4	15.1
65	5 20.9	−69 42	14.1	14.9	118	5 31.4	−70 1	14.1	15.2
66	5 21.3	−70 8	14.3	15.1	119	5 31.6	−66 34	12.4	14.2
67	5 21.7	−69 9	12.9	14.0	120	5 31.6	−70 2	14.5	14.8
68	5 21.8	−69 54	13.9	15.0	121	5 31.6	−70 10	14.4	15.1
69	5 22.8	−69 3	14.2	15.0	122	5 31.7	−70 0	14.8	15.2
70	5 22.9	−69 28	14.8	15.1	123	5 32.2	−70 9	14.7	15.1
71	5 22.9	−70 15	14.6	15.2	124	5 32.7	−70 0	14.7	15.2
72	5 23.0	−69 4	14.4	15.1	125	5 33.1	−67 59	13.1	14.1
73	5 23.1	−69 4	14.3	15.0	126	5 33.4	−68 15	13.6	14.8
74	5 23.5	−70 41	14.7	15.4	127	5 34.3	−67 41	13.7	14.7
75	5 23.6	−69 43	14.2	14.8	128	5 34.6	−67 53	13.6	14.4
76	5 24.2	−69 59	13.9	14.8	129	5 34.6	−68 3	14.0	14.8
77	5 24.6	−70 5	14.7	15.2	130	5 35.5	−67 48	13.6	14.2
78	5 25.1	−68 16	14.9	15.3	131	5 35.9	−66 46	12.2	13.8
79	5 25.1	−69 54	14.3	14.9	132	5 36.1	−68 36	12.3	13.4
80	5 25.2	−68 17	14.8	15.2	133	5 36.2	−67 0	13.8	14.8
81	5 25.4	−69 18	14.1	15.0	134	5 36.8	−68 53	13.0	14.6
82	5 25.4	−67 44	11.7	12.8	135	5 38.1	−69 32	13.4	14.8
83	5 25.5	−70 1	14.3	15.0	136	5 38.6	−68 8	13.9	14.9
84	5 26.0	−67 26	12.8	14.6	137	5 38.6	−70 19	14.5	15.0
85	5 26.3	−69 49	14.8	15.1	138	5 38.7	−70 18	14.9	15.2
86	5 26.4	−69 10	13.8	14.8	139	5 39.0	−70 5	14.4	15.1
87	5 26.8	−69 59	14.3	14.9	140	5 40.0	−70 22	14.2	15.1
88	5 26.9	−69 56	14.5	15.1	141	5 40.0	−70 42	14.4	15.2
89	5 27.2	−69 41	13.9	15.0	142	5 40.3	−67 53	13.2	14.2
90	5 27.2	−69 53	14.8	15.2	143	5 40.4	−70 23	14.5	15.0
91	5 27.4	−69 48	14.4	14.9	144	5 40.5	−69 6	14.0	14.5
92	5 27.6	−66 58	13.0	14.1	145	5 40.7	−70 24	14.6	15.1
93	5 27.7	−67 21	13.8	<15.5	146	5 41.7	−69 21	14.4	14.9
94	5 28.0	−69 55	14.3	14.8	147	5 43.7	−66 52	14.5	15.0
95	5 28.0	−71 16	13.8	<15.2	148	5 44.0	−70 10	13.9	14.7
96	5 28.1	−70 24	14.9	15.3	149	5 44.3	−68 43	14.2	14.7
97	5 28.1	−69 55	14.3	14.8	150	5 45.3	−69 34	14.6	15.1
98	5 28.1	−68 28	13.8	14.4	151	5 46.3	−69 16	14.4	14.9
99	5 28.3	−69 48	14.7	15.1	152	5 47.2	−68 12	13.2	14.4

Der Lichtwechsel von δ Cephei ist von S. Beliawsky untersucht worden[1]) auf Grund von Beobachtungen, die Prof. S. P. v. Glasenapp 1896 bis 1902 nach der Methode der Stufenschätzungen über diesen Veränderlichen angestellt hat. Es ergab sich, daß die Lichtkurve des Sternes Abweichungen von dem regulären Umlaufe zeigt, die nicht recht durch Beobachtungsfehler zu erklären sind. Schon Schoenfeld und Wilsing hatten ähnliche Wahrnehmungen gemacht. Nach den obigen Untersuchungen ist der Stern im Maximum 3.57, im Minimum 4.37 Größe, und die Zwischenzeit zwischen beiden beträgt $1^d\ 11.184^h$. Die Dauer der Periode beträgt $5^d\ 8^h\ 47^m\ 38.697^s$, oder 1.277^s weniger als nach Argelanders Bestimmung.

Der Lichtwechsel des Granatsternes μ Cephei. Dieser Stern 4. Größe in A.R $= 21^h\ 40^m\ 27^s$ D. $= +\ 58°\ 19.3$ (für 1900.0) hat von W. Herschel wegen seiner roten Farbe den auszeichnenden Beinamen erhalten. Vermutungen über eine Veränderlichkeit seiner Helligkeit sind schon früher ausgesprochen worden. Eine genauere Untersuchung des Sternes nach dieser Richtung hin hat nunmehr Dr. J. Plaßmann ausgeführt. Gerade wegen der roten Färbung ist der Stern immer als ein schwieriges photometrisches Objekt angesehen worden. Der Lichtwechsel solcher Sterne kann nur bei anhaltender, eifriger Verfolgung das Gesetzmäßige allmählich erkennen lassen. Da Dr. Plaßmann bereits im Jahre 1896 durch die Diskussion seiner eigenen, damals 569 Beobachtungen umfassenden Reihe von dem Bestehen einer kleinen, aber deutlichen kurzperiodischen Schwankung Kenntnis erhielt, neben welcher größere säkulare Änderungen einhergehen, hat er die Argelanderschen Beobachtungen in derselben Weise berechnet und auch hier die Schwankung nachweisen können; ferner tritt sie in der Beobachtungsreihe von Julius Schmidt, der längsten von allen, deutlich zutage, und Plaßmanns fortgesetzte Beobachtungen, die die eigene Reihe nahezu auf die doppelte Länge der frühern Vorlage ausgedehnt haben, lassen das Fortbestehen des Gesetzes erkennen. Kleinere Reihen und zerstreute Beobachtungen von Heis, Gore, Hartwig, v. Stempell u. a. bestätigen mehr oder weniger gut die aus den größern gezogenen Ergebnisse.

1. Die größte in den 50er, 60er und 70er Jahren von Argelander festgestellte Helligkeit des Granatsternes beträgt etwa 3.7, die kleinste 4.7 Größenklasse der Potsdamer Skala. Für die Zeit von 1871 bis 1888 ist sie nicht zu ermitteln, weil die Beobachtungsreihe von Schmidt für die Ableitung absoluter Helligkeiten nicht brauchbar ist. In der Zeit von 1888 bis 1903 hat die Helligkeit sehr nahe dieselben Extreme gehabt wie bei Argelander; das folgt aus des Verfassers Beobachtungsreihe unter Berücksichtigung des systematischen Fehlers in der Rotauffassung.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3951.

2. Es besteht ein Lichtwechsel von langer Periode, die zu Argelanders Zeiten 400 bis 460 Tage betrug, nun aber auf etwa 1000 Tage angewachsen ist. Die Amplitude dieses Wechsels betrug damals und heute etwa eine halbe Größenklasse. Da die Maxima verschiedene Höhen erreichen, und zwar vermutlich in Abhängigkeit von einer größern Periode, wächst die Schwankung im ganzen auf eine volle Klasse an.

3. Neben den großen Perioden besteht eine kleinere, die um 1860 etwa 82d betragen hat, von 1872 bis 1876 etwa 93d mit progressiver Verlängerung, von 1888 bis 1903 recht genau 91.5d. Ihre Amplitude ist von der Größenordnung der photometrischen Stufe. Zur Zeit, wo Schmidt beobachtete, und auch heute, scheinen zwei oder mehr Wellenreihen dieser Schwankung zu bestehen, von denen bald diese, bald jene deutlicher erkennbar ist. Die kleinen Variationen hängen nach Amplitude und Epoche von den großen ab, und die Abhängigkeit ist nicht einfach epizyklisch zu erklären.

4. Die Rotauffassung geübter Beobachter zeigt auch beim Granatsterne ziemlich konstante systematische Unterschiede; es wird daher unter gehörigen Vorsichtsmaßregeln erlaubt sein, gleichzeitig entstandene größere Beobachtungsreihen solcher zur Kurvenziehung zu kombinieren. Die Rotauffassung ungeübter Beobachter unterliegt systematischen Schwankungen, die aber den wahren Lichtwechsel des Granatsternes nicht ganz verdecken.

Neben fortlaufenden Beobachtungen der Helligkeit nach Argelanders Methode hält Plaßmann mit Recht eine genaue spektrale Untersuchung des Sternes für wichtig.

Der Veränderliche X Aurigae, den Dr. Anderson auf Grund seiner Beobachtungen von April bis Mai 1900 als solchen erkannte, ist bezüglich seines Lichtwechsels, der sehr merkwürdig erscheint, von Dr. K. Graff genauer verfolgt worden.[1] Der Ort des Sternes am Himmel ist für (1855.0)

$$AR = 6^h\ 0^m\ 54^s \quad D = +\ 50°\ 15.1'.$$

Die Beobachtungen von Dr. Graff erstrecken sich über den Zeitraum 1902 Februar 26 bis 1903 September 19, während dessen die Helligkeit des Veränderlichen zwischen 8.5 und 12.3 Größe schwankte. Die Dauer der Lichtwechselperiode fand sich zu 161 Tagen mit einem Minimum 1902 Oktober 6. Die Lichtkurve des Sternes hat große Ähnlichkeit mit derjenigen des Veränderlichen W Ursae majoris. Bei X Aurigae erfolgt die Zunahme des Lichtes schneller als die Abnahme (etwa 68 : 93 Tage), während bei W Ursae majoris das Umgekehrte der Fall ist. Sonst sind die Hauptmerkmale der Veränderlichkeit: ein fast ununterbrochener Lichtwechsel, die ungewöhnlich kurze Dauer des Minimums, sowie die langsame Helligkeitsänderung im

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3925.

Maximum, beiden Sternen gemeinsam. Aus Angaben Pickerings geht hervor, daß auch der ursprünglich dem Algoltypus zugezählte Veränderliche S Antliae eine ähnliche Lichtkurve besitzt wie W Ursae majoris und X Aurigae. „Von den beiden andern Veränderlichen," bemerkt Dr. Graff, „unterscheidet sich der letztere durch die lange Dauer der Periode und durch seine intensive gelbe Farbe. Die Erklärung seines Lichtwechsels auf Grund der Zöllnerschen Hypothese, deren Annahme in den beiden andern Fällen wegen der unauffälligen Farbe von S Antliae und W Ursae majoris unzulässig ist, würde daher hier auf keinerlei Schwierigkeiten stoßen. Es wäre jedoch müßig, schon jetzt Erklärungsversuchen für den eigenartigen Lichtwechsel der Veränderlichen von dem oben erörterten Typus nachzugehen, bevor man sich darüber Gewißheit verschafft hat, daß diese neue Art von Veränderlichen auch tatsächlich von einheitlichen Gesichtspunkten aus betrachtet und behandelt werden darf."

Der Lichtwechsel des Veränderlichen V Ursae majoris ist von Dr. K. Graff untersucht worden.[1] Er findet aus der von ihm ermittelten Lichtkurve zwischen 1902 Dezember 11 und 1903 Oktober 7, daß der Stern bis Anfang März eine konstante Helligkeit besaß, um nach Abnahme derselben um eine Größenklasse Anfang Juni wieder die ursprüngliche Helligkeit anzunehmen. Eine weitere Lichtabnahme machte sich erst wieder nach Mitte September bemerkbar. Das gleichmäßige Leuchten des Sternes wird somit von einem rund 98 Tage dauernden Lichtwechsel unterbrochen, so daß man den Veränderlichen den Algolsternen zuzählen könnte. „In bezug auf die Länge der Periode übertrifft der neue Algolveränderliche V Ursae majoris die längste bis jetzt bekannte (UZ Cygni mit 31^d) um mehr als das Sechsfache. Weit merkwürdiger ist die Tatsache, daß der eigentliche Lichtwechsel fast die Hälfte der ganzen Periode beansprucht, und daß diese Erscheinung bei der üblichen Deutung der Helligkeitsänderungen der Algolsterne durch ein Doppelsternsystem eine ungewöhnlich geringe Distanz der Komponenten voraussetzen würde. Da der Stern weiß, höchstens gelblichweiß ist, so kann auch anderseits die Rotation eines zum Teil mit einem Erstarrungsprodukte bedeckten, selbstleuchtenden Körpers hier kaum zur Erklärung des Lichtwechsels herangezogen werden."

Ein Zwischenminimum des langperiodischen Veränderlichen UZ Cygni hat Ernst Hartwig beobachtet.[2] Der Veränderliche gehört zum Typus der Algolsterne, und seine Periode ist die längste unter den bekannten dieses Typus, nämlich 31.4 Tage, auch der Lichtwechsel erheblich, indem er 2.7 Größenklassen beträgt. Dr. Hartwig

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3941.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3944.

fand 1904 April 3 früh morgens, daß der Stern ein Zwischenminimum von einer kaum mehr als 0.4 Größenklasse betragenden Schwächung des gewöhnlichen Maximallichtes zeigte. Am 4. und 5. April war der Stern wieder in seinem größten Lichte. Eine ähnliche Erscheinung hat Dr. Hartwig am 23. März 1903 beobachtet. Derselbe Beobachter bemerkt, daß dieser Lichtwechsel nicht durch den Umlauf eins Trabanten erklärt werden könne. „Dagegen", sagt er, „scheint die birnenförmige Poincarésche Gleichgewichtsfigur den Lichtwechsel dieses schon wegen der langen Periode außerordentlich interessanten Algolsternes darstellen zu können. Der Durchmesser des Teiles beim Stiele müßte zu dem des abgestumpften Teiles das Verhältnis 0.96 : 1, die Längsachse zur Querachse etwa das Verhältnis 1.7 : 1 haben, und das Stielende relativ dunkel gegen die Helligkeit der übrigen Oberfläche sein.

Jedenfalls scheint nach den bis jetzt bekannten Lichtverhältnissen kein getrenntes Doppelsternsystem in diesem bisher als Algolstern angesehenen Veränderlichen vorzuliegen, sondern ähnlich wie beim β Lyratypus die Rotation einer Art ungetrennten Doppelkörpers die Ursache des Lichtwechsels zu bilden, deren Dauer wenig größer als die der Rotation der Sonne ist."

Benennungen von neu entdeckten veränderlichen Sternen hat die von der astronomischen Gesellschaft zur Herstellung eines Normalkataloges der Veränderlichen eingesetzte Kommission bei den in den letzten Jahren neu entdeckten Sternen dieser Klasse vorgenommen.[1] Die Kommission ist bei der Benennung sehr vorsichtig verfahren; sie hält es für richtiger, die nicht vollkommen gesicherten Sterne noch etwas länger zurückzustellen als sie vorzeitig in das Verzeichnis der bekannten Veränderlichen einzureihen, auf die Gefahr hin, sie später vielleicht wieder daraus entfernen zu müssen. Die zahlreichen Veränderlichen, welche gruppenweise vor einiger Zeit im Orionnebel, in den Magellanischen Wolken und an einigen andern Stellen am Himmel entdeckt worden sind, sollen nicht in der gewöhnlichen Weise mit Buchstaben benannt, sondern in Gruppen zusammengefaßt und innerhalb der einzelnen Gruppen mit fortlaufenden Nummern versehen werden, ähnlich wie es bei een Veränderlichen in den Sternhaufen beabsichtigt ist.

Die Anordnung in dem folgenden Verzeichnisse ist dieselbe, wie in den früher von der Kommission veröffentlichten Benennungslisten. Am Schlusse des Verzeichnisses sind noch kurze Bemerkungen hinzugefügt, welche alles wesentliche enthalten, was bisher über die einzelnen Objekte bekannt geworden ist, die aber hier fortbleiben. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die Helligkeit für das Auge gilt, ph, daß es sich um photometrische Größen handelt.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3984.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0		Präzession 1900		Helligkeit		
			RA.	Dekl.	RA.	Dekl.	Max.	Min.	
			h m s	° ′	s	′			
1	60.1903	V Piscium	0 17 15	+ 6 7.2	+3.08	+0.33	9.5	12	v
2	156.1904	Z Ceti	1 1 39	− 2 1.0	+3.06	+0.32	9	12	v
3	23.1903	RS Sculptoris	1 22 31	−33 25.6	+2.76	+0.31	10	< 11	v
4	17.1904	RV Andromedae	2 4 34	+48 27.6	+3.85	+0.29	8½	10½	ph
5	16.1904	RS Persei	2 15 20	+56 39.1	+4.20	+0.28	8	10	ph
6	1.1904	RR Persei	2 21 44	+50 49.4	+4.02	+0.27	9	< 13	ph
7	155.1904	RT Persei	3 16 44	+46 12.2	+4.13	+0.22	9.5	11	ph
8	2.1904	RT Tauri	4 58 10	+23 30.4	+3.63	+0.09	9	10	v
9	11.1904	X Orionis	5 32 36	− 1 49.9	+3.03	+0.04	11	< 14	ph
10	20.1904	RU Tauri	5 46.9	+15 57	+3.45	+0.02	12	14.5	ph
11	157.1904	RS Aurigae	5 56 27	+46 16.1	+4.47	+0.01	9.2	10.5	ph
12	133.1904	RR Aurigae	6 4.8	+43 11	+4.33	−0.01	?	?	ph
13	12.1904	RT Geminorum	6 40.7	+18 44	+3.52	−0.06	10	< 15	ph
14	10.1904	RS Monocerotis	7 2 11	+ 5 8.7	+3.19	−0.09	9	< 10.11	v
15	141.1904	RV Geminorum	7 11 56	+24 6.1	+3.64	−0.10	10	< 15	ph
16	24.1903	T Canis majoris	7 17 18	−25 15.6	+2.48	−0.11	9	10.5	v
17	15.1904	RU Geminorum	7 21 0	+21 38.4	+3.57	−0.12	12.13	14	v
18	3.1904	Y Cancri	7 58 37	+20 24.7	+3.50	−0.17	12	14	ph
19	183.1904	Z Camelopardalis	8 14 5	+73 25.6	+6.82	−0.18	10	13	ph
20	—	X Ursae majoris	8 33.9	+50 29	+4.34	−0.21	9	< 12	ph
21	19.1904	S Leonis minoris	9 47 46	+35 23.9	+3.59	−0.28	8	9	v
22	24.1904	RZ Carinae	10 32.8	−70 12	+1.69	−0.31	9	< 13	ph
23	25.1904	Z Ursae majoris	11 51 17	+58 25.7	+3.16	−0.33	?	?	ph
24	134.1904	Y Ursae majoris	12 35 47	+56 23.7	+2.76	−0.33	8	9	ph
25	113.1904	U Ursae minoris	14 14.9	+67 10	+1.31	−0.28	8.5	12	ph
26	135.1904	RY Centauri	14 43.3	−42 5	+3.86	−0.25	?	?	ph
27	26.1903	Y Normae	16 25 39	−46 43.7	+4.37	−0.14	8.8	10	v
28	18.1904	RU Ophiuchi	17 28 8	+ 9 29.9	+2.85	−0.05	9	12	ph

			h m s	° ′	s	′			
29	136.1904	RV Ophiuchi	17 29 45	+ 7 18.9	+2.90	−0.04	9	12	ph
30	158.1904	RW Ophiuchi	17 50 30	+ 7 51	+2.89	−0.01	10	< 2.13	ph
31	30.1903	SV Sagittarii	17 57 11	−24 29.9	+3.68	−0.00	11	14	ph
32	165.1904	V Serpentis	18 11 4	−15 33.4	+3.44	+0.02	9.5	10.5	ph
33	162.1904	SV Herculis	18 22 18	+24 58.0	+2.45	+0.03	9.5	<13	v
34	140.1904	V Scuti	18 42 32	−12 14.4	+3.36	+0.00	12	<14	ph
35	109.1904	ST Lyrae	19 6 39	+43 29	+1.86	+0.10	10	<12	ph
36	63.1903	SS Lyrae	19 10 24	+46 48.6	+1.72	+0.10	9	13	v
37	137.1904	SW Sagittarii	19 13 26	−31 54.2	+3.86	+0.11	9.10	11	ph
38	71.1903	RX Aquilae	19 40 22	+ 8 12.2	+2.90	+0.14	11	<15	ph
39	77.1903	RY Aquilae	19 43 40	+11 16.6	+2.83	+0.15	10	12	ph
40	83.1903	RZ Aquilae	19 49 6	+ 9 24.0	+2.88	+0.15	11	13	ph
41	161.1904	X Vulpeculae	19 53 19	+26 17.3	+2.49	+0.16	9.5	10.5	ph
42	154.1904	WW Cygni	20 0 36	+41 18.2	+2.06	+0.17	9.3	12½	ph
43	5.1904	W Vulpeculae	20 5 53	+25 59.4	+2.52	+0.17	9	10	ph
44	59.1903	WX Cygni	20 14 50	+37 8.2	+2.23	+0.19	?	?	ph
45	4.1904	V Vulpeculae	20 32 17	+26 15.4	+2.55	+0.21	8	10	ph
46	61.1903	VY Cygni	21 0 26	+39 34.3	+2.29	+0.24	9	10	ph
47	138.1904	V Microscopii	21 17.5	−41 7	+3.83	+0.25	?	?	ph
48	164.1904	WY Cygni	21 44 43	+43 46	+2.36	+0.28	8.9	12.13	ph
49	7.1904	VZ Cygni	21 47 41	+42 39.9	+2.40	+0.28	8	9	ph
50	163.1904	W Lacertae	22 3 11	+37 15	+2.58	+0.29	9.10	12.13	ph
51	142.1904	RU Pegasi	22 9 9	+12 12.4	+2.94	+0.30	9.4	11.5	v
52	159.1904	RV Pegasi	22 21 2	+29 57.9	+2.75	+0.30	9	<11	ph
53	86.1903	T Tucanae	22 33 58	−62 4.5	+4.00	+0.31	8	<14	v
54	110.1904	V Lacertae	22 44 33	+55 47.6	+2.44	+0.32	8.5	9.5	ph
55	34.1904	RW Pegasi	22 59.2	+14 45	+2.98	+0.32	9	12	ph
56	108.1904	RS Cassiopejae	23 32 33	+61 52.6	+2.77	+0.33	9	11	ph
57	160.1904	RT Cassiopejae	23 41 26	+53 57	+2.92	+0.33	10	<12	ph
58	28.1903	Y Ceti	23 54 27	−24 59.1	+3.09	+0.33	9.8	<11.5	ph

Eine spektrographische Studie über β Lyrae veröffentlichte W. Sidgreaves S. J.[1]) Er betont in derselben, daß, je länger das Spektrum dieses Sternes studiert wird, um so deutlicher die Notwendigkeit erscheine, die photographischen Aufnahmen zu vermehren. Nach seiner Ansicht muß ein entsprechend eingerichteter Telespektrograph so häufig zu diesen Beobachtungen angewandt werden, bis für jeden Tag des Lichtwechsels von β Lyrae eine Reihe von Aufnahmen zum Vergleiche untereinander vorliegen. Es scheint, daß auf der Oberfläche dieses Sternes temporäre Störungen vorkommen, ähnlich denjenigen auf unserer Sonne, wodurch die Wasserstofflinien distordiert werden.

Helligkeitsbeobachtungen der Nova Persei hat M. Esch S. J. in der Zeit von 1901 Juli 8 bis 1902 März 2 durch Stufenschätzungen gegen benachbarte Sterne angestellt.[2]) Die Nova war anfangs noch 6.3 Größe, sank dann aber im zweiten Drittel des März 1902 zur 9. Größe herab.

Eine neue Deutung der Spektra der neuen Sterne gab Prof. G. Ebert.

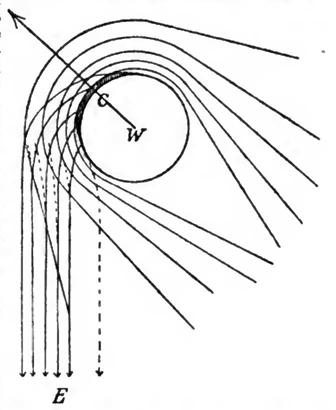
Die spektroskopischen Untersuchungen des Lichtes der neuen Sterne haben bekanntlich ergeben, daß in diesen Spektren die hellen Linien gegen das rote, die dunkeln gegen das violette Ende des Spektrums verschoben erscheinen. Die Deutung dieser stets wiederkehrenden Erscheinung hat nicht nur die anfängliche Hypothese eines Zusammenstoßes zweier mit entgegengesetzten Bewegungsrichtungen versehener Weltkörper zurückgeschoben, sondern überhaupt Schwierigkeiten gemacht, die noch nicht gehoben sind. Sie werden dieses erst auf Grund umfassender Versuche im physikalischen Laboratorium, zu denen man in der Tat übergegangen ist. Über solche Versuche hat Dr. H. Ebert bereits vor zwei Jahren der Kgl. bayerischen Akademie berichtet, und derselbe gibt jetzt eine Darstellung, die sich auf diese und ähnliche Versuche stützt und gleichzeitig die von Prof. v. Seeliger aufgestellte Hypothese über das Wesen der neuen Sterne bestätigt. Aus der Abhandlung von Dr. Ebert ist nachstehend das wesentliche mitgeteilt.

„Zu den eigentümlichsten Phänomenen der gesamten Astrospektralanalyse", sagt er, „gehören unzweifelhaft noch immer die Spektren der neuen Sterne. Je mehr Einzelheiten die großen spektrophotographischen Hilfsmittel der Neuzeit in diesen Spektren, namentlich in denen der Nova Aurigae und der Nova Persei kennen gelehrt haben, um so weniger erscheinen dieselben miteinander vereinbar und durch einfache Annahmen erklärbar. Schon der Grundtypus dieser Spektren, das aus hellen, gegen das Rot zu verschobenen Linien und gleichzeitig damit auftretenden dunkeln, gegen das Violett hin verschobenen Linien desselben Stoffes bestehende kombinierte Doppelspektrum, schien nach dem Dopplerschen Prinzip das Vorhandensein von mindestens zwei Weltkörpern zu fordern, von denen der eine sich mit großer Geschwindigkeit von uns weg, der andere zu uns her bewegen mußte; warum der eine aber nur durch Emissions-, der andere durch Absorptionslinien ausgezeichnet sein sollte, bot wiederum der Erklärung große Schwierigkeiten. Als sich vollends heraus-

[1]) Monthly Notices 1904. **64**. 3. p. 168.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3943.

stellte, daß die Linienverschiebungen verschiedener Stoffe, ja die Verschiebungen der Linien desselben Stoffes, z. B. des Wasserstoffes, nach dem Dopplerschen Prinzip auf Bewegung in der Gesichtslinie zurückgeführt, verschiedene Geschwindigkeiten ergaben, die oft nicht einmal dem Vorzeichen nach übereinstimmten, sah man sich auf ganz andere Erklärungsprinzipien hingewiesen.

So hat J. Wilsing eine Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne auf Grund von Versuchen unternommen, bei denen die hochgespannten Entladungen von Leidener Flaschen zwischen Metallelektroden unter Wasser vor sich gingen. Dabei erhält man in der Tat Spektren, welche mit denen der neuen Sterne große Ähnlichkeit haben. Wenn aber der genannte Forscher die hier zutage tretende Wirkung auf Drucksteigerung zurückführt, so dürfte diese Deutung auf Bedenken stoßen. G. E. Hale, der die hochgespannten Wechselstromentladungen eines Transformators zwischen Stahlstäben mit abgeflachten Enden unter Wasser übergehen ließ und die hierbei auftretenden Spektralerscheinungen mittels eines großen Hohlgitters photographierte, kommt zu dem Schlusse, daß die Drucke in den von ihm verwendeten Funkenstrecken unmöglich so hohe gewesen sein können, daß man die tatsächlich erhaltenen Linienverschiebungen den Versuchen von Humphreys und Mohler entsprechend erklären könne. Vielmehr geht aus seinen Versuchen hervor, daß die genannte Erscheinung aufs engste mit den Absorptionserscheinungen in den die Elektroden umgebenden kühlern Dampfhüllen zusammenhängt; das kombinierte Spektrum wird als Übergangstypus von dem Hellinienspektrum zu dem Dunkellinienspektrum durch Salzzusatz zu dem Wasser, also ohne Druckerhöhung erhalten. Auch N. Lockyer, der die Versuche Wilsings wiederholte und mannigfach variierte, kann sich Wilsings Auffassung nicht anschließen Endlich hat H. Konen den Einfluß der verschiedensten Entladungsbedingungen auf das Aussehen der Spektrallinien eingehend studiert und kommt bezüglich der in Flüssigkeiten überschlagenden Funkenentladungen zu dem Schlusse, daß Drucksteigerungen und die mit diesen vielleicht zusammenhängenden Verbreiterungen zur Deutung der Beobachtungen nicht hinreichen."



„Zu denselben Resultaten," fährt Ebert fort, „führten mich meine eigenen diesbezüglichen Versuche, bei denen ich unter die Funkenstrecke am Boden der Zinkwanne, in welche die Elektroden von verstellbaren Haltern von oben her hineingehalten wurden, einen unter 45° geneigten Spiegel befestigte und diesem gegenüber in der Blechwand des Gefäßes eine durch eine Spiegelglasscheibe verschlossene Öffnung anbrachte. Die Funkenstrecke wurde also durchweg von unten her betrachtet; ein Fernrohrobjektiv warf das Licht auf den bald horizontal, bald vertikal gestellten Spalt der verschiedenen bei den Versuchen benutzten Spektralapparate. An der Blechwanne war unten ein Rohr angelötet, welches mittels eines Gummischlauches die Kommunikation mit dem die Füllflüssigkeit (gewöhnlich Wasser) enthaltenden Gefäße herstellte. Durch Heben und Senken desselben war es möglich, das Flüssigkeitsniveau in dem Entladungsgefäße sehr genau einzustellen und die Erscheinung zu studieren,

während die Funkenbahn mehr oder weniger tief in die Flüssigkeit versenkt war, oder die Flüssigkeitsoberfläche eben berührte, oder endlich ganz außerhalb derselben lag. Die Entladungen wurden durch eine große Töplersche Influenzmaschine geliefert; vor die Funkenstrecke wurde ein Funkenmikrometer geschaltet, durch welches die Entladungsspannung immer auf dieselbe Höhe einreguliert wurde. Das Ergebnis vieler Versuche mit dieser Anordnung war, daß Druckwirkungen zur Erklärung der Erscheinungen nicht ausreichen."

Dr. Ebert greift daher auf ein anderes Erklärungsprinzip zurück, welches die bei den Versuchen auftretenden enormen Linienverschiebungen und ebenso das Auftreten der charakteristischen Doppelspektren in ungezwungener Weise deutet. Es ist die anomale Dispersion, welche gewisse absorbierende Medien auf den Gang der Lichtstrahlen ausüben, und welche W. H. Julius bereits wiederholt zur Erklärung von Erscheinungen auf der Sonne, besonders der Protuberanzen mit Glück herbeigezogen hat. Ebert zeigt nun, daß anomale Brechungen des Lichtes in absorbierenden Dampfhüllen unter Umständen auch die Helligkeitsverteilung im Spektrum in der Umgebung der Gebiete stärkster Absorption sehr wesentlich beeinflussen, und zwar derart, daß das Spektrum so erscheint, wie man es bei den neuen Sternen als typisch festgestellt hat. Bei der Anwendung auf die Phänomene der neuen Sterne gewinnt die vorgetragene Anschauung deshalb noch eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, weil sie die unmittelbare Ergänzung und eine notwendige Konsequenz derjenigen Theorie darstellt, welche seither sich dem genannten Phänomene gegenüber in allen übrigen Punkten als am meisten stichhaltig erwiesen hat, nämlich der Seeligerschen Theorie der neuen Sterne. Ebert erläutert dies in folgender Weise näher:

„H. v. Seeliger nimmt an, daß beim Aufleuchten eines neuen Sternes ein an sich bereits dunkler oder nur schwach leuchtender kompakter Weltkörper mit kosmischer Geschwindigkeit in eine an sich ebenfalls nicht oder nur schwach leuchtende ausgedehnte Staubwolke hineinfährt. Fast täglich belehrt uns die Himmelsphotographie, daß kosmische Staub- oder Nebelgebilde viel häufiger im Weltraume vorhanden sind, als man früher nur irgend geahnt hat. Anderseits hat besonders die Nova Persei die enge Beziehung der neuen Sterne zu solchen Nebelgebilden auf das augenfälligste dargetan.

Bei den großen relativen Geschwindigkeiten zwischen Weltkörper und Staubteilchen gegeneinander, muß sich der Körper an seiner Stirnseite oberflächlich stark erhitzen; aber auch die von ihm getroffenen und vor ihm verdichteten Teile der Staubwolke müssen eine große Temperaturerhöhung erfahren, wie sie Seeliger a. a. O. unter durchaus plausiblen Annahmen für einige Fälle berechnet. Diesen Erhitzungen müssen Verdampfungen parallel gehen. Am ehesten und am reichlichsten werden diejenigen Substanzen verdampfen, welche den niedrigst gelegenen Kondensationspunkt besitzen, das sind Helium und Wasserstoff. Von diesen muß zuerst eine dichte Hülle den Körper begleiten, später kommen Metalldämpfe in reichlicherm Maße hinzu. Das Phänomen stellt hiernach im Bereiche des Fixsternsystemes im Großen das dar, was wir im Kleinen beim Aufleuchten eines Meteors in den höhern Schichten unserer Erdatmosphäre beobachten. Auch hier müßten daher ähnliche Spektralerscheinungen zu finden sein wie bei den neuen Sternen, da die Ursachen derselben — nach unserer Auffassung die Lichtbrechungen in den Dampfhüllen — wohl dem Grade, nicht aber der Art nach verschieden sind. Freilich sind sie hier ungleich schwieriger zu beobachten und daher wohl auch noch nicht, soviel mir wenigstens bekannt ist, beobachtet. Der Grund liegt in der großen Flüchtigkeit der Erscheinung; während die neuen Sterne oft über Jahresfrist hinaus helleuchtende Objekte am Himmel darstellen, ist die Dauer selbst der hellsten Boliden oder Feuerkugeln nur auf Sekunden beschränkt. Solange also, als nicht einmal der Zufall ein Meteor von genügender Helligkeit über die Platte einer sternspektrographischen Aufnahme führt, muß diese Prüfung der Theorie abgewartet werden.

Verfolgen wir den Entwicklungsgang einer Nova etwas näher: Zunächst

wird bei dem Eintreten des Körpers in die kosmische Staubwolke ein ziemlich plötzliches Aufleuchten am Himmel uns den Eintritt dieser Kollision anzeigen; dieselbe ist, wie schon Seeliger hervorhob, unendlich viel wahrscheinlicher als die zweier Weltkörper gegeneinander oder auch nur die eines solchen Körpers mit den Gliedern eines andern Sonnensystemes. Dabei wird sich im wesentlichen zunächst nur ein kontinuierliches Spektrum mit immer weiter ins Ultraviolett sich erstreckendem Strahlenbereiche ergeben. Sehr bald müssen aber in der Staubwolke Vergasungen der kleinen Partikeln eintreten; eine mehr und mehr sich ausdehnende absorbierende Dampfhülle zunächst von Helium und Wasserstoff, dann von Metallen, legt sich um den Körper. Die Anordnung derselben müssen wir uns ähnlich wie die der Verdichtungswellen um ein mit großer Geschwindigkeit durch die Luft fliegendes Rundgeschoß vorstellen, wie sie durch photographische Momentaufnahmen bei Funkenlicht vielfach veranschaulicht worden ist. Stellt in Fig. 1 W den in der Pfeilrichtung durch den Nebel sich bewegenden Körper dar, so wird auf der in der Bewegungsrichtung liegenden Kalotte C, der Stirnseite, die maximale Lichtentwicklung stattfinden. Außer in dem an sich nur wenig wahrscheinlichen Falle, daß der Körper genau auf uns zukommt, werden wir diese hellste Partie C immer nur mehr oder weniger schräg durch die Hülle verdichteter Gase und Dämpfe hindurch erblicken. Steht also die Erde etwa in der Richtung E, so werden die in die Figur 1 eingezeichneten Strahlen den Lichtweg bezeichnen, den die von den einzelnen Absorptionslinien eines bestimmten Stoffes, etwa des Wasserstoffes, nach dem Rot zu gelegenen Spektralfarben nehmen. Selbst für den Fall, daß der Beobachter hinter dem Sterne in der Richtung irgend einer der in der Figur angedeuteten Schichtflächen selbst steht, wird noch ein ähnlicher Strahlengang resultieren. Denn ein von ihm gegen den Stern gezogen gedachter Strahl, der in die tangentiale Trennungsfläche zweier Schichten eintritt, wird nach der Seite der wachsenden Brechungsexponenten, im vorliegenden Falle also nach innen hin gebogen. Umgekehrt werden die von den erhitzten Oberflächenpartien emittierten Strahlen durch die entsprechende Umbiegung in das Auge des Beobachters gelangen.

Ganz anders liegt der Fall für die höhern Schwingungen, für welche die äußersten Schichten die optisch dichtesten, die weiter nach innen gelegenen aber solche mit immer kleinern Brechungsexponenten sind. Strahlen dieser Art, die von E kommen, müssen in der Dampfhülle etwa den durch die gestrichelten Linien angedeuteten Weg nehmen, für sie verdeckt also der kompakte Körper W selbst den größten Teil der an der Stirnfläche C sich entwickelnden Leuchtprozesse. Selbst in dem Falle, daß E der Bewegungsrichtung von W viel näher liegt, als in der Figur angenommen ist, werden die Strahlen, für die der Brechungsindex n größer als 1 ist, mehr Licht dem Beobachter zuführen als die Strahlen mit solchen unter 1. In dem Spektrum müssen also die Absorptionslinien derjenigen Stoffe, aus denen die Hülle hauptsächlich zusammengesetzt ist, stark nach dem Violett zu verbreitert erscheinen; ein dunkler Schatten legt sich hier scheinbar über das dem ganzen zugrunde liegende kontinuierliche Spektrum; die Mitte der Linie ist stark nach dem Violett zu verschoben. Nach dem Rot hin scheint dagegen dem hellen Hintergrunde ein noch helleres Band aufgesetzt zu sein, dessen Intensität nach dem Rot hin sich allmählich verliert und nach dem Violett zu, also gegen die Absorptionslinie hin scharf abfällt; die hellste Kante dieses Bandes liegt dem normalen Linienorte sehr nahe mit einer nur geringen Verschiebung gegen das Rot hin. Die Helligkeit dieses Bandes kann fast so steil ansteigen wie die Dispersionskurve selbst. Es kann für diese Strahlen mit einem $n > 1$ bei der Schichtung der Dampfhülle aber noch ein anderer Fall eintreten, der besonders im Auge zu behalten ist, nämlich der, daß die Strahlen mit höchsten n-Werten überhaupt nicht austreten, sondern total reflektiert werden. Hier wächst dann die Helligkeit nur bis zu einem bestimmten maximalen Betrage, der für einen größern Wellenlängenbereich etwa der gleiche bleibt; es entsteht ein breites helles Band von

nahezu gleichmäßiger Intensität, welches gegen Violett zu scharf begrenzt ist, sich gegen das Rot hin allmählich in der allgemeinen Helle des kontinuierlichen Spektrums verliert. Die Mitten dieser Bänder sind dann stark gegen Rot zu verschoben.

Für alle diese im vorstehenden skizzierten Fälle finden sich in der Literatur über die verschiedenen Novae zahlreiche Beispiele, die einzeln hier zu belegen, zu weit führen würde.

Neben den verbreiterten, verwaschenen und stark verschobenen hellen und dunkeln Linien, die wir uns in dieser Weise entstanden denken, können natürlich auch scharfe und schmale eigentliche Emissions- und Absorptionslinien auftreten, die teils von der Gashülle, teils von dem Weltkörper selbst herrühren. Die aus diesen schmalen und aus den breiten Linien nach dem Dopplerschen Prinzip hergeleiteten Bewegungsgeschwindigkeiten werden aber im allgemeinen niemals identische Werte ergeben können.

Ein wesentlicher Vorteil der Seeligerschen Theorie liegt außer in ihrer großen Einfachheit und Natürlichkeit in der ungeheuern Fülle von Einzelmöglichkeiten, welche sie zuläßt. Kommt der Weltkörper auf uns zu, haben wir vor ihm also eine verhältnismäßig dünne Dampfschicht, so kann das kontinuierliche Spektrum und einzelne helle Linien vollkommen dominieren, die Linienverdopplung ist nur angedeutet. Bewegt er sich von uns weg, so sehen wir ihn durch immer dicker werdende Dampfschichten hindurch, so daß die Linienverschiebung sich bis zu einem außerordentlichen Betrage steigern kann. Es kann dann ein sehr plötzlicher Wechsel eintreten, indem sich Dampfmassen losreißen und zurückbleiben, ja es kann zu periodischen Aufhellungen kommen, wie wir dies auch bei den Meteorerscheinungen in unserer Atmosphäre beobachten; mit diesen Aufhellungen können entsprechende periodische Änderungen im Spektrum parallel gehen.

Aber auch durch die verschiedenen Dichten der kosmischen Staubwolken und Dichtevariationen innerhalb derselben Wolke längs der Bahn, in der sie der Körper passiert, und dessen relativer Geschwindigkeit sind neue Möglichkeiten der Einzelerscheinungen gegeben. Die Stellen relativer Maximaldichte einer solchen Wolke werden sich im allgemeinen auf einer Oberfläche doppelter Krümmung vorfinden, so daß der Körper mehrere Gebiete erhöhter Dichtewerte nacheinander durchstoßen kann. Für uns lagern sich dann mehrere der geschilderten Spektralerscheinungen übereinander. Dadurch erklären sich sehr leicht die sekundären Intensitätsmaxima und -minima, welche sich den verbreiterten hellen und dunkeln Linien in den Spektren der neuen Sterne gelegentlich superponieren.

Hat der Weltkörper die Staubwolke verlassen, so kann seine Helligkeit verhältnismäßig sehr rasch wieder sinken, wenn es, wie hier angenommen, wesentlich nur seine oberflächlichsten Schichten waren, die bei der Kollision mit den Staubteilchen erhitzt wurden, eine Erscheinung, die ebenfalls für die neuen Sterne sehr charakteristisch ist.

Auf eins soll noch hingewiesen werden, was die hier entwickelte Ansicht von einer ganz andern Seite her stützt: die innige Beziehung der neuen Sterne zu Nebelgebilden, wie sie namentlich bei der Nova Persei zutage getreten ist und die entsprechende große Verwandtschaft der Spektren der neuen Sterne mit denen verschiedener Nebel.

Auch auf eine Reihe von veränderlichen Sternen von kurzer Periode, in deren Spektren periodische Linienverschiebungen vorkommen, kann die hier auseinandergesetzte Vorstellung Anwendung finden. Ist die Lichtemission eines Weltkörpers an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche wesentlich verschieden, und ist er von einer dichten Dampfatmosphäre umhüllt, so muß er bei seiner Rotation einem fernen Beobachter ein in seiner Ausbildung wechselndes Phänomen von der Art des geschilderten mit seinen Linienverschiebungen und Verdopplungen darbieten; die Periode desselben wird dann diejenige seiner Achsendrehung sein. Wir bedürfen also in diesem Falle nicht unbedingt der

Annahme zweier Weltkörper, von denen sich der eine auf uns zu, der andere von uns weg bewegt.

Es soll indessen durchaus nicht geleugnet werden, daß in allen den genannten Fällen daneben tatsächlich auch Linienverschiebungen eine Rolle spielen, welche teils aus Bewegungen im Visionsradius nach dem Dopplerschen Prinzip, teils aus Drucksteigerungen zufolge der darüber bekannten Laboratoriumserfahrungen resultieren. Durch das Vorstehende sollte hauptsächlich gezeigt werden, daß neben Bewegung und Druck auch die anomalen Brechungen bei der Deutung der Spektralerscheinungen cölestischer Objekte mit in Betracht zu ziehen sind.

Beobachtungen von 100 neu entdeckten Doppelsternen auf der Licksternwarte. W. J. Hussey veröffentlichte den siebenten Katalog von Doppelsternen, die am 12- und 36-zölligen Refraktor, sowie bei gelegentlicher Benutzung anderer großer Instrumente von ihm entdeckt worden sind.[1] Es sind sämtlich Paare, deren Hauptstern in der Bonner Durchmusterung vorkommt und höchstens siebenter Größe ist. Bei 47 Paaren beträgt die Distanz weniger als 1″, bei 27 unter 0.5″. Unter ihnen befindet sich der Struvesche Doppelstern Σ 1718 ($\alpha = 13^h\ 1^m\ 7^s$ $\delta = +\ 51°\ 31.4'$), dessen Hauptstern neunter Größe von Hussey in zwei Sterne 9.5 und 10.5 Größe zerlegt wurde, deren Distanz 0.34″ beträgt.

Doppelsternmessungen am 40-zölligen Refraktor der Yerkessternwarte.[2] In den Jahren 1900 und 1901 hat S. W. Burnham eine große Anzahl von Doppelsternmessungen ausgeführt, die sich auf solche Paare bezogen, welche lange nicht beobachtet worden sind. Dieselben gehören meist den Katalogen von Herschel und South an, beziehen sich aber auch auf Doppelsterne, die in Cincinnati und Cambridge (N.-A.) gefunden worden sind, auch einige neue Paare hat Burnham bei dieser Gelegenheit entdeckt, obgleich er nicht beabsichtigte, nach neuen Doppelsternen zu suchen. Im ganzen ist dadurch die Anzahl der von ihm selbst entdeckten und meist sehr schwierigen Doppelsterne, auf 1308 gestiegen. Von den neu entdeckten sind folgende Hauptsterne dem bloßen Auge sichtbar.

β 1295. 2 Camelopardali ($\alpha = 4^h\ 50^m\ 27^s$ $\delta = +\ 53°\ 14'$). Der Hauptstern ist 5. Größe und hat einen Begleiter 7. Größe in d = 0.21″ Distanz p = 140.4° (1901.80). Ein von Struve entdeckter Begleiter steht in d = 1.54″ p = 288.7°, ein anderer in d = 23.26″ p = 212.8°. Letzterer wurde von Burnham am 36-Zöller entdeckt.

β 1300. 30 Sagittarii $\alpha = 18^h\ 43^m\ 38^s$ $\delta = -\ 22°\ 15'$). Der Hauptstern ist 6. der Begleiter 13. Größe. Burnhams Messungen ergaben für 1901.18 folgende Stellung des Begleiters.

d = 21.46″ p = 246.6°.

[1] Lick Observatory Bulletin Nr. 57.

[2] Publications of the Yerkes Observatory. **2.**

β 1307. 53 Aquarii ($\alpha = 22^h\ 20^m\ 3^s\ \delta = -17°\ 21'$). Von Herschel und South als Doppelstern erkannt A 5., B 6. Gr. Burnham entdeckte noch zwei Begleiter C und D 12.9 und 13.9 Gr. und gibt folgende Messungen:

A und B	1900.73	d = 6.93″	p = 309.4°
B und C	1901.09	= 46.66	= 339.1
C und D	1901.08	= 1.83	= 101.4

C und D bilden ein sehr schwierig zu messendes Paar.

Das Massenverhältnis der Komponenten des Doppelsternes p Ophiuchi ist von Adalbert Prey bestimmt worden.[1]) Er kommt zu dem bemerkenswerten Resultate, daß der Schwerpunkt in $^4/_5$ der Distanz, dem Begleiter also näher liegt als dem Hauptsterne, so daß die Masse des Begleiters viermal so groß ist als die des Hauptsternes. Mit Schurs Parallaxe 0.16″ sind die beiden Massen bezüglich gleich 0.32 und 1.28 Sonnenmassen. Wir finden somit hier wieder eines jener Beispiele, welche zeigen, daß in der Fixsternwelt Masse und Helligkeit keineswegs proportional sind. Der bekannteste Fall dieser Art ist Sirius, dessen Begleiter, obwohl nur $2\frac{1}{2}$mal kleiner, ein Stern der 9. Größe ist. Auch Procyon übertrifft seinen Begleiter, der 13. Größe ist, nur siebenmal an Masse. Im vorliegenden Falle ist die größere Masse die lichtschwächere.

Die Bahn des Siriusbegleiters ist von Dr. O. Lohse neu berechnet worden.[2]) Da dieser Begleiter nach dem Periastron (1894) bereits im Jahre 1896 wieder mit Sicherheit gesehen werden konnte, und seit dieser Zeit bis 1903 zahlreiche Beobachtungen mit den mächtigen amerikanischen Instrumenten vorliegen, so ist es interessant, eine Bahn zu ermitteln, bei deren Berechnung die neuern Beobachtungen sämtlich berücksichtigt sind. Es hat der Siriusbegleiter seit seiner Entdeckung 1862 nun bald einen ganzen Umlauf vollendet, und es ist nur noch ungefähr $^1/_{12}$ des Weges zurückzulegen. Man sollte daher erwarten, daß die gegenwärtig zu ermittelnde Bahn auch in bezug auf die dynamischen Elemente nicht mehr sehr weit von der Wirklichkeit abweichen könne. Dr. Lohse hat nach Aufzeichnung der Beobachtungen und Konstruktion einer passenden Ellipse die Methode von Zwiers benutzt, um die geometrischen Elemente zu finden. Die dynamischen Elemente wurden aus zwei mittlern Anomalien bestimmt, die ungefähr um einen halben Umlauf voneinander entfernt waren. Zur möglichst sichern Feststellung dieser mittlern Anomalien verwertete Lohse alle vorhandenen Positionswinkelmessungen, die einesteils vor, andernteils nach dem Periastron an-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3946.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3955.

gestellt worden sind. Er erhielt so folgendes Elementensystem für 1900.0:

T = 1894.337 (1844.956), U = 50.381, n = — 7.14559°, e = 0.598
☊ = 44.12°, i = 39.91°, ω = 212.20° a = 7.427″.

Um diese Bahnelemente mit den Beobachtungen vergleichen zu können, hat Verf. die Normalörter des Siriusbegleiters von Zwiers mit denjenigen von Burnham zu Mittelwerten vereinigt und die so erhaltenen Positionswinkel und Distanzen mit den aus obigen Elementen berechneten zusammengestellt.

Es ergab sich bis zum Jahre 1903 eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. „Vergleicht man,“ sagt Dr. Lohse, „die oben mitgeteilten Bahnelemente mit dem Systeme II von Zwiers, bei dem auch schon Beobachtungen von 1897 und 1898 mit berücksichtigt wurden, so muß die gute Übereinstimmung der Größen T, e, ☊ und ω auffallen. Stärkere Abweichungen zeigen die Neigung i und die Umlaufszeit U. Die letztere erscheint um 2.26 Jahre gegen die erste Bestimmung von Zwiers verlängert und ist auch 1.70 Jahre größer als die von Auwers aus Meridianbeobachtungen abgeleitete, die sich über mehr als zwei Umläufe des Sirius um den gemeinsamen Schwerpunkt erstrecken. Diese Abweichung deutet bereits an, daß die nach dem Systeme II von Zwiers berechneten Korrektionen für die Position des Sirius in geringerm Grade genügen würden, als das modifizierte Elementensystem V* von Auwers, bei dem die Umlaufszeit von 49.4 Jahren beibehalten war.

Wäre es gestattet, das Mittel aus den beiden Zwiersschen Werten für U zu nehmen, so würde eine Zahl resultieren, die vermutlich der wirklichen Umlaufszeit des Begleiters, resp. der Umlaufszeit des Hauptsternes um den Schwerpunkt ziemlich nahe liegt.

Spektroskopische Bestimmungen der radialen Geschwindigkeit von Fixsternen sind seit dem letzten Berichte wieder in größerer Anzahl veröffentlicht worden. Von den dort[1]) erwähnten Normalsternen haben Prof. Frost und Walter S. Adams auf der Yerkessternwarte zehn genauer beobachtet.[2]) Die Aufnahmen geschahen durchweg zu der Zeit, wo jeder Stern um Mitternacht im Meridiane stand und 30 Tage früher, sowie 30 Tage später. Mit geringen Ausnahmen konnten diese Zeiten genau eingehalten werden. Die Aufnahmen geschahen mit dem Brucespektrographen, der am großen Refraktor der Yerkessternwarte angebracht wurde unter allen Vorsichtsmaßregeln, welche die lange Erfahrung und der Scharfsinn der Beobachter an die Hand gaben. Die erlangten Aufnahmen und die Ausmessungen der Platten sind daher von großer Zuverlässigkeit, und die innere Übereinstimmung derselben läßt nichts zu

---

1) Dieses Jahrbuch. **14**. p. 136.
2) Astrophys. Journ. **18**. Nr. 4. p. 237.

wünschen übrig. Die Ausmessungen der einzelnen Platten geschahen unabhängig von jedem der beiden Astrophysiker, um über die etwaigen persönlichen Eigentümlichkeiten in der Auffassung beim Messen der Spektrallinien Aufschluß zu erhalten. Es ergab sich ein kleiner Unterschied in dieser Beziehung, und zwar so, daß nach den Messungen von Frost die Geschwindigkeiten der Sterne durchschnittlich 0.10 *km* größer ausfielen als nach denjenigen von Adams, doch ist es zweifelhaft, ob diese geringe Differenz wirklich besteht oder nur durch die verschiedene Auffassung bei einigen wenigen minder scharfen Platten (mit dem Spektrum von γ Aquilae) bedingt ist.

Zur Kontrolle wurden auch die Spektra des Mondes, sowie der Planeten Mars und Venus aufgenommen und die Linienverschiebungen infolge ihrer Bewegung auf denselben gemessen. Da diese Bewegungen bekannt sind, so mußte der Grad der Übereinstimmung dieser bekannten mit den aus den Spektralaufnahmen berechneten Bewegungen ein gutes Urteil über die Genauigkeit der Aufnahmen gestatten.

Es ergab sich, daß die Messungen und Rechnungen bis auf 0.1 *km* genau miteinander übereinstimmen, so daß man also bei dem Spektrographen keine systematischen Fehlerquellen voraussetzen kann, und auch bezüglich der Fixsterne den Messungsresultaten ein hoher Grad von Zuverlässigkeit zuzuschreiben ist.

Die Ergebnisse aus allen Platten und für die Ausmessungen beider Beobachter sind in ihren Mittelwerten folgende, wobei das Vorzeichen — ein Annähern, + ein Entfernen des Sternes von der Erde bedeutet, und die Geschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde ausgedrückt sind.

α Arietis	— 13.7 *km*	α Bootis	— 4.8 *km*
α Persei	— 2.1 „	β Ophiuchi	— 11.1 „
β Leporis	— 12.4 „	γ Aquilae	— 1.8 „
β Geminorum	+ 3.4 „	ε Pegasi	+ 6.2 „
α Crateris	+ 47.4 „	γ Piscium	— 10.9 „

Außer diesen Sternen haben die beiden Astrophysiker, einem Wunsche von Prof. Belopolsky folgend, noch folgende drei Sterne mit den beigefügten Ergebnissen aufgenommen und vermessen:

ι Aurigae	+ 19.0 *km*
ε Leonis	+ 5.5 „
γ Cephei	— 41.2 „

Die Resultate für ε Leonis, welcher Stern an drei Abenden aufgenommen wurde, stimmen für jeden Abend untereinander sehr gut überein, ergeben aber für die verschiedenen Zeiten etwas verschiedene Werte der Geschwindigkeit (nämlich + 4.3, 4.6 und 6.4 *km*), so daß möglicherweise dieser Stern eine veränderliche Radialgeschwindigkeit besitzt. Darüber können jedoch erst weitere Beobachtungen die Entscheidung geben.

Von einigen der angeführten Sterne haben schon früher verschiedene Astrophysiker ebenfalls Bestimmungen ihrer radialen Geschwindigkeit ausgeführt, und es ist von Interesse, diese mit den neuesten Ermittlungen von Frost und Adams auf der Yerkessternwarte zu vergleichen.

Name des Sternes	Beobachter	Geschwindigkeit	Epoche
α Arities . . .	Campbell	— 14.1 *km*	1896
	Adams	— 13.7 „	1901
	Newall	— 14.3 „	1902
	Frost und Adams	— 13.7 „	1902
α Persei . . .	Campbell	— 2.4 „	1897
	Vogel	— 3.2 „	1901
	Newall	— 2.6 „	1902
	Frost und Adams	— 2.1 „	1902
α Bootis . . .	Frost und Adams	— 4.3 „	1902
	Newall	— 5.8 „	1903
	Frost und Adams	— 4.8 „	1903
ε Pegasi . . .	Campbell	+ 5.7 „	1897
	Frost und Adams	+ 6.2 „	1902
ε Leonis . . .	Wright	+ 5.1 „	1899
	Adams	+ 4.0 „	1900
	Frost und Adams	+ 5.5 „	1903

Die vorstehende kleine Tabelle gibt eine Zusammenstellung derselben nebst den Namen der Beobachter mit Zufügung der oben mitgeteilten neuesten Ermittlungen auf der Yerkessternwarte.

Diese Angaben stimmen im allgemeinen gut miteinander überein, nur bei *a* Bootis ist der Unterschied der frühern mit den neuesten Messungen auf der Yerkessternwarte, obgleich nur 0.5 *km* betragend, etwas größer, als man erwarten durfte, da die Linien im Spektrum dieses Sternes recht scharf erscheinen. Vielleicht gehört *a* Bootis zu den Sternen mit veränderlicher Eigenbewegung, worüber sich in wenigen Jahren ein sicherer Entscheid wird herbeiführen lassen.

Spektroskopische Beobachtungen von Normalsternen in Pulkowa sind in den Jahren 1902 und 1903 von A. Bélopolsky mit einem neuen, nach dem Muster des Potsdamer angefertigten Spektrographen ausgeführt worden.[1]) Als Vergleichsspektrum zur Bestimmung der Linienverschiebungen diente meist das Eisenspektrum. Die Messungen auf den Platten wurde mit aller möglichen Sorgfalt ausgeführt, und bei der Berechnung der Verschiebungen die Rowlandschen Wellenlängen zugrunde gelegt. Um sich von der Leistungs-

[1]) Astroph. Journ. **19**. p. 85.

fähigkeit des neuen Spektrographen zu überzeugen, hat Professor Bélopolsky das Spektrum des östlichen und westlichen Randes der Sonne im Äquator aufgenommen und findet auf einer Platte aus den Messungen der Verschiebungen von 21 Linien für die Geschwindigkeit der Sonnenrotation im Äquator 1.84 *km* mit einer Unsicherheit von ± 0.09 *km*, aus einer zweiten Platte den nämlichen Mittelwert mit einer Unsicherheit von 0.06 *km*. Beim Planeten Mars ergab eine Aufnahme 1903 März 29 als Radialgeschwindigkeit — 2.06 *km* pro Sekunde, während die Berechnung auf Grund der Ephemeriden dafür — 1.81 *km* ergab. Andere Aufnahmen ergaben noch bessere Übereinstimmung, und bei Jupiter war der Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung im Mittel nur — 0.06 *km*. Sonach kann man als erwiesen betrachten, daß die Messungen der Linienverschiebungen in diesen Spektrogrammen zuverlässige Werte der Größe der Eigenbewegung in der Richtung der Gesichtslinie zwischen Stern und Beobachter liefern. Es wurden folgende Werte für die bezeichneten Normalsterne erhalten, wobei — Annäherung, + Entfernung des Sternes von der Sonne bedeuten. Die Geschwindigkeiten sind ausgedrückt in Kilometern pro Sekunde, ± bezeichnet den wahrscheinlichen Fehler des angegebenen Mittelwertes.

Stern	Geschw.	Fehler	Stern	Geschw.	Fehler
α Persei . . .	— 2.89	± 0.4	β Geminorum . .	+ 3.37	± 0.1
α Bootis . . .	— 6.07	± 0.4	γ Aquilae . . .	— 1.98	± 0.4
ε Pegasi . . .	+ 5.99	± 0.2	γ Cephei . . .	— 39.94	± 0.6

Die starke radiale Eigenbewegung des Sternes γ Cephei war schon 1897 durch die Aufnahme des Spektrums in Pulkowa erkannt worden.

Bestimmungen der radialen Geschwindigkeiten von 20 Sternen des Oriontypus auf der Yerkessternwarte. Der kurzen Mitteilung über die Ergebnisse dieser Untersuchung[1]) haben Edwin B. Frost und Walter S. Adams nunmehr eine ausführliche Darstellung folgen lassen.[2]) Die Spektra des Oriontypus sind für den Astrophysiker von besonderm Interesse, denn sie bezeichnen unfraglich ein sehr frühes Stadium in der Entwicklung der Sterne. Ihre chemische Zusammensetzung ist einfach, die hauptsächlichsten ihrer Spektrallinien gehören dem Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Silizium, Stickstoff und Magnesium an. Die Anwesenheit des Heliums ist das Hauptcharakteristikum dieses Typus, weshalb die Sterne desselben bisweilen auch als Heliumsterne bezeichnet werden. Das breite und etwas verwaschene Aussehen der meisten dieser Linien macht die Spektra zur genauen Ausmessung der Lage der Linien allerdings weniger geeignet, so daß die Genauigkeit derselben nicht diejenige der Sterne des Sonnentypus erreicht.

[1]) Dieses Jahrbuch **14**. p. 135.

[2]) Decennial Publications of the University of Chicago 1903. **8**.

Die beiden obengenannten Astronomen sind durch eine Reihe ähnlicher Arbeiten bekannt, und die ihnen zur Verfügung stehenden instrumentellen Hilfsmittel zählen zu den vorzüglichsten, welche zurzeit vorhanden sind, nämlich der 40-zöllige Refraktor und der große Brucespektrograph. Sie teilen in ihrer Abhandlung ausführlich alle Details über die Art und Weise der Aufnahme, die Apparate zum Ausmessen der Spektrallinien, die Messungs- und Rechnungsmethode mit, ebenso ihre Untersuchungen über die möglicherweise vorhandenen Fehlerquellen, die in dem Spektrographen, der Adjustierung, den Aufnahmen und Messungen vorhanden sein können. Sie gehen auch näher auf die möglichen Fehler ein, welche

Größe	Name des Sternes	R. A.	Dekl.	Radial-Geschwindigkeit	Zahl d. Messungen	Epoche	Eigenbewegung
		h m	° ′	km			″
3.0	γ Pegasi	0 08	+ 14 38	+ **5.4**	12	1902.06	0.013
3.7	ζ Cassiopeiae . .	0 31	+ 53 21	+ **2.9**	6	1902 10	0.023
3.6	ε Cassiopeiae . .	1 47	+ 63 11	— **5.9**	8	1902 08	0.043
3.1	ζ Persei	3 48	+ 31 35	+ **22.1**	7	1901.95	0.020
0.3	β Orionis . . .	5 10	— 8 19	+ **20.7**	24	1901.95	0.002
1 9	γ Orionis . . .	5 20	+ 6 15	+ **18.0**	10	1901.98	0 020
1.8	ε Orionis . . .	5 31	— 1 16	+ **26.7**	7	1902.05	0.002
1.9	ζ Orionis . . .	5 36	— 2 00	+ **18.3**	7	1902.52	0.010
2.2	κ Orionis . . .	5 43	— 9 42	+ **17.1**	10	1901 88	0.005
2.0	β Canis Majoris .	6 18	— 17 54	+ **32.6**	5	1901.84	0.006
1.5	ε Canis Majoris .	6 55	— 28 50	+ **27.2**	4	1902 61	0.005
3.6	η Leonis . . .	10 02	+ 17 15	+ **3.5**	5	1902 31	0.012
2.8	γ Corvi	12 11	— 16 59	— **7.0**	6	1902.27	0.162
3.9	τ Herculis . . .	16 17	+ 46 33	— **12.7**	6	1902.21	0.033
3.3	ζ Draconis . . .	17 08	+ 65 50	— **14.4**	8	1902 19	0.024
3.9	ι Herculis . . .	17 37	+ 46 04	— **16.4**	6	1901 92	0.012
4.0	67 Ophiuchi . .	17 56	+ 2 56	— **3.1**	4	1902.47	0 017
4.5	102 Herculis . .	18 04	+ 20 48	— **10.8**	5	1902 62	0.012
4.5	η Lyrae	19 10	+ 38 58	— **9.1**	6	1902.74	0.005
4.1	ε Delphini . . .	20 28	+ 10 58	— **26.2**	4	1902.55	0.027

aus den Annahmen für die Wellenlängen der Linien nach Rowlands System resultieren, die sich aber so unbedeutend erweisen, daß sie vernachlässigt werden können. Die 20 Sterne, mit denen sich ihre Untersuchung beschäftigt, sind nicht etwa nach einem bestimmten Systeme ausgewählt worden, sondern nur solche Sterne des Oriontypus, von welchen in dem letzten Jahre drei oder mehrere Spektrogramme auf der Yerkessternwarte erhalten worden waren. Um unabhängige Proben der Zuverlässigkeit und Genauigkeit ihrer Messungen zu gewinnen, haben die beiden Beobachter Aufnahmen des Mondes und der Venus gemacht, die Verschiebungen der Linien in deren Spektren gemessen und die so erhaltenen Geschwindigkeiten mit den anderweitig bekannten radialen Geschwindigkeiten beider Planeten verglichen. Diese Prüfungen sind im allgemeinen sehr befriedigend ausgefallen. So ergab eine Aufnahme des Mondspektrums

am 27. September 1901 aus den Messungen der Linienverschiebungen eine radiale Geschwindigkeit des Mondes von — 0.5 *km* pro Sekunde, während für den gleichen Moment die Rechnung auf Grund der Mondtheorie — 0.6 *km* ergibt. Eine Spektralaufnahme der Venus am 8. Januar 1902 ergab deren radiale Geschwindigkeit zu — 10.5 *km*, während die Rechnung den Wert — 11.3 *km* liefert. Auch von einigen Fixsternen, die anderwärts bereits aufgenommen und bestimmt waren, ergaben die Aufnahmen und Messungen von Frost und Adams gute Übereinstimmungen. Man darf daher den neuen Ergebnissen, welche die genannten Astronomen erhielten und publizieren, großes Vertrauen entgegenbringen. Die nachstehende Tabelle enthält die Endergebnisse ihrer sämtlichen bezüglichen Messungen. Die angegebenen Geschwindigkeiten in der Richtung zur Erde, also die radialen Geschwindigkeiten, sind in Kilometern und Zehnteln derselben pro Sekunde ausgedrückt. Das Vorzeichen + bedeutet, daß der Stern sich von der Erde, oder vielmehr der Sonne, entfernt, —, daß er sich nähert. In der letzten Kolumne ist auch für jeden Stern die jährliche scheinbare Eigenbewegung in Bruchteilen der Bogensekunde angegeben, so wie sich dieselbe aus vieljährigen Positionsbestimmungen dieser Sterne ergeben hat.

Die Verteilung der positiven und negativen Geschwindigkeiten dieser 20 Sterne läßt deutlich den Einfluß der Richtung der Sonnenbewegung durch den Raum erkennen. Doch kann man einen genauen Wert dieser Richtung aus dem vorliegenden Materiale nicht ableiten, weil die Zahl von nur 20 Sternen dazu zu gering ist. Nimmt man dagegen mit Prof. Newcomb an, daß der Zielpunkt der Sonnenbewegung am Himmel in 277.5° Rektaszension und 35° nördl. Dekl. liegt, und daß die Geschwindigkeit ihrer Bewegung, wie Prof. Campbell gefunden, 19.9 *km* in der Sekunde beträgt, so kann man die wirklichen, vom Einflusse der Sonnenbewegung befreiten Geschwindigkeiten dieser 20 Sterne berechnen. Es ergibt sich dafür eine mittlere Geschwindigkeit von 7.0 *km* pro Sekunde, oder wenn man berücksichtigt, daß ein Teil dieser Sterne sich entfernt, ein Teil sich nähert, ein durchschnittliches Entfernen derselben von uns um 4.6 *km* in der Sekunde. Die außerordentlich schwachen scheinbaren Eigenbewegungen so heller Sterne (im Mittel 0.023″ pro Jahr) bleiben erheblich zurück hinter denjenigen gleich heller Sterne vom Spektraltypus der Sonne und zeigen, daß die Sterne des Oriontypus außerordentlich weit von uns entfernt sein müssen. Die hellen Sterne in der Konstellation des Orion bilden augenscheinlich eine besondere Gruppe darunter, sowohl in bezug auf Richtung, als Größe ihrer Bewegung.

Von den obigen 20 Sternen sind vier bereits früher von Vogel und Scheiner auf ihre Radialbewegungen untersucht worden, nämlich die folgenden mit den beigefügten Ergebnissen:

β Orionis	+ 16.3	*km*
γ „	+ 8.9	„
ε „	+ 26.7	„
ζ „	+ 14.8	„

Mit Ausnahme von γ Orionis stimmen diese Resultate mit den obigen gut überein, wenn man den Charakter der Spektra berücksichtigt, die schwer zu messen sind. Im Verlaufe ihrer Untersuchungen haben Frost und Adams noch gefunden, daß die folgenden Sterne veränderliche Eigenbewegungen besitzen, also spektroskopische Doppelsterne sind: δ Ceti, ν Eridani, η Orionis, β Cephei, o Persei, π^5 Orionis, ζ Tauri.

Auf der Sternwarte zu Bonn sind im Sommer 1903 spektrographische Aufnahmen und Untersuchungen derselben zum Zwecke der Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten bei achtzehn hellen Fixsternen von Prof. F. Küstner ausgeführt worden. [1])

Die Ergebnisse der sehr sorgfältigen Messungen und eine genaue Diskussion derselben enthält folgende Tabelle. Die Geschwindigkeiten pro Sekunde sind wie immer in Kilometern und den Dezimalteilen ausgedrückt, und + bezeichnet Entfernen, — Annähern des Sternes an die Sonne.

α Ursae minoris 1903 . .	Juli	2.4	— 14.22
„ . .	„	4.5	— 16.12
ε Leonis	Mai	24.4	+ 5.51
γ „ (Hauptstern) . .	„	4.4	— 35.15
α Ursae majoris	Juni	27.4	— 7.24
ε Virginis	Mai	29.4	— 11.84
η Bootis	„	23.4	+ 7.59
ε „ (Hauptstern) . .	„	31.5	— 15.19
β Ursae minoris	Juli	2.5	+ 18.10
β Bootis	Mai	22.6	— 20.29
„	Juli	15.4	— 19.28
δ „	Mai	24.5	— 12.54
α Serpentis	„	26.5	+ 4.48
„	„	30.5	+ 5.02
β Herculis	Juni	26.4	— 12.20
ζ „	Mai	21.5	— 73.16
„	„	31.5	— 74.97
β Ophiuchi	Juni	15.5	— 11.57
„	„	27.5	— 9.33
γ Draconis	„	11.5	— 27.10
β Cygni (Hauptstern) . .	Juli	1.6	— 22.86
γ Aquilae	Juni	28.5	+ 0.04
γ Cygni	„	25.5	— 7.58

Spektroskopische Doppelsterne. Die systematischen Untersuchungen von Sternen mit Spektren des Oriontypus, welche während der letzten Jahre auf der Yerkessternwarte von Prof. Edwin B. Frost und Walter S. Adams angestellt worden sind, haben als Nebenergebnis zur Entdeckung einer nicht geringen Anzahl spektroskopi-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3972.

scher Doppelsterne geführt. Ein weiteres Verzeichnis solcher Entdeckungen, das von den genannten veröffentlicht wurde,[1]) bringt die Anzahl derselben, welche mit dem Brucespektrographen gefunden wurden, auf 23, abgesehen von vier andern, welche Spektra anderer Typen besitzen. Aus den bisherigen Aufnahmen ergibt sich, daß unter den (63) Sternen des Oriontypus, die untersucht worden sind, die Zahl derjenigen mit veränderlicher Eigenbewegung sich zu den andern nahezu wie 1 : 3 verhält. Dabei ist zu beachten, daß bei manchen dieser Sterne die Spektrallinien so breit und schlecht begrenzt erscheinen, daß Geschwindigkeitsänderungen von geringer Größe sich dem Nachweise entziehen. Dazu kommt, daß die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Aufnahmen noch zu kurz sind, um Geschwindigkeitsänderungen von längerer Periode als einige Tage oder Wochen erkennen zu können. Schließlich sind auch drei Aufnahmen eines Sternes keineswegs genügend, um die Unveränderlichkeit der Geschwindigkeit eines Sternes während eines gewissen Zeitintervalles zu gewährleisten. Sonach kann man schließen, daß unter den Sternen mit Spektren des Oriontypus jeder zweite oder dritte einen Doppelstern oder ein mehrfaches System bildet.

Folgendes ist das Verzeichnis der von Frost und Adams auf diese Weise entdeckten (spektroskopischen) Doppelsterne.

π Andromedae, 4.4 Größe. $\alpha = 0^h\ 32^m$ $\delta = +\ 33°\ 10'$. Drei Aufnahmen 1903 September 25, Oktober 10 und 17 ergeben als radiale Geschwindigkeit — 2, + 32, + 60 *km*. Die Linien im Spektrum des Sternes sind schärfer als bei den meisten andern Sternen dieser Klasse.

ξ Cassiopejae, 4.8 Größe. $\alpha = 0^h\ 37^m$ $\delta = +\ 49°\ 58'$. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen — 5 und — 35 *km*. Die Linien im Spektrum dieses Sternes sind zwar nicht sehr breit, aber sehr schlecht begrenzt und verwaschen, daher die Messungen unsicherer als bei manchen andern Sternen.

o Orionis, 4.6 Größe. $\alpha = 5^h\ 17^m$ $\delta = -\ 0°\ 29.'$ Die Veränderungen der Geschwindigkeiten liegen zwischen + 19 und + 33 *km*. Das Spektrum eignet sich sehr zu genauen Messungen, da die meisten Linien, besonders die des Heliums, stark, schmal und gut begrenzt sind.

χ Aurigae, 5.0 Größe. $\alpha = 5^h\ 26^m$ $\delta = +\ 22°\ 8'$. Das Spektrum ist ähnlich dem von o Orionis, obgleich die Linien weniger stark sind. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen + 12 und + 28 *km*.

ι Orionis, 3.0 Größe. $\alpha = 5^h\ 30^m$ $\delta = -\ 5°\ 59'$. Das Spektrum dieses Sternes ist sehr kompliziert. Es liegen sieben Aufnahmen von September und Oktober 1903 vor. In den meisten Fällen erscheinen die Heliumlinien und $H\gamma$ außerordentlich

[1]) Astrophys. Journ. **18**. p. 383.

breit und verwaschen, und auf ihnen erscheinen zuzeiten zwei bis drei Maxima, von denen noch nicht bestimmt werden kann, ob sie Komponenten mit veränderlichen Geschwindigkeiten angehören oder durch physische Zustände des Hauptsternes verursacht werden. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 28 und + 90 *km*. Weitere Aufnahmen dieses Sternspektrums sind erforderlich.

υ Orionis, 4.4 Größe. $\alpha = 6^h\ 2^m$ $\delta = +14°\ 47'$. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen + 81 und + 12 *km*.

18 Aquilae, 5.1 Größe. $\alpha = 19^h\ 2^m$ $\delta = +10°\ 55'$. Die Linien sind schwer zu messen; die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 12 und — 28 *km*.

2 Lacertae, 4.8 Größe. $\alpha = 22^h\ 17^m$ $\delta = +46°\ 2'$. Das Spektrum der ersten Platte ist viel schwächer als das der beiden andern, und eine wiederholte Untersuchung desselben gab Andeutungen der Gegenwart von Linien, die einem zweiten leuchtenden Komponenten angehören, welche auf der zweiten Platte meßbar waren (mit — 185 *km* Geschwindigkeit). Diese Linien konnten auf der dritten Platte nicht gesehen werden. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 1 und — 86 *km*.

6 Lacertae, 4.6 Größe. $\alpha = 22^h\ 26^m$ $\delta = +42°\ 24'$. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen — 3 und — 24 *km*.

1 Hev. Cassiopejae, 4.8 Größe. $\alpha = 23^h\ 25^m$ $\delta = +58°\ 0'$. Die Spektrallinien sind ziemlich breit und verwaschen. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen — 2 und — 70 *km*.

ξ Persei, 4.1 Größe. $\alpha = 3^h\ 53^m$ $\delta = +35°\ 30'$. Dieser Stern hat eine sehr große radiale Geschwindigkeit, nämlich im Mittel + 85 *km*. Das Spektrum ist wegen Breite und dem sehr verwaschenen Charakter der Linien schwer zu messen. Daher bleibt bei der Schwankung von 9 *km*, um welche die Messungen variieren, zweifelhaft, ob eine veränderliche Geschwindigkeit vorhanden ist oder nicht. Beobachtungen, die über einen längern Zeitraum ausgedehnt sind, werden hierüber entscheiden.

Schließlich machen Frost und Adams noch darauf aufmerksam, daß die folgenden Sterne mit Spektren des Oriontypus helle Linien besitzen: c Persei, 4.3 Größe; 25 Orionis, 4.6 Größe; β Piscium, 4.6 Größe. Charakteristisch für diese Sterne mit dieser eigentümlichen Variierung des Oriontypusspektrums ist, daß die Wasserstofflinien eine doppelte helle Komponente zeigen, welche nahezu zentral auf der breiten dunkeln Linie oder Bande steht.

Die O. Millsexpedition, welche die Licksternwarte auf den Cerro San Cristobal bei Santiago in Chile behufs spektrographischer Beobachtungen am südlichen Himmel entsandte, hat dort bei folgenden Sternen veränderliche Eigenbewegungen also dieselben als spektroskopische Doppelsterne, nachgewiesen:

β Doradus ($\alpha = 5^h\ 32.7^m$ d = — 62° 33'.

			radiale Geschwindigkeit
1903	September	29.	+ 1.4 *km*
	Dezember	21.	+ 16.1 „
1904	Juni	12.	+ 28 „
	„	22.	+ 28.5 „

w Velorum ($\alpha = 8^h\ 56.3^m\ \delta = 40°\ 52'$).

1904	Januar	21.	+ 3 *km*
	März	8.	+ 13.7 „
	„	28.	+ 7.5 „

l Carinae ($\alpha = 9^h\ 42.5^m\ \delta = —\ 63°\ 3'$).

Dies ist ein veränderlicher Stern, dessen Lichtperiode nach W. Roberts 35.523 Tage umfaßt. Auch ist nach demselben Beobachter der Lichtwechsel unregelmäßig. Die spektrographischen Aufnahmen ergaben:

1904	April	18.	+ 10 *km*
	„	30.	+ 22 „
	Mai	8.	— 15 „

$\varkappa$ Pavonis ($\alpha = 18^h\ 46.6^m\ \delta = —\ 67°\ 21'$).

Ebenfalls ein Veränderlicher, aber von regelmäßigem Lichtwechsel und einer Periode von 9.091 Tagen.

1904	Mai	12.	+ 40.1 *km*
	Juni	6.	28.9 „
	„	22.	+ 26.5 „

τ Sagittarii ($\alpha = 19^h\ 0.7^m\ \delta = —\ 27°\ 49'$).

1902	August	17.	+ 34 *km*	(Diese Beob. auf Mount Hamilton)
1904	Mai	12.	+ 51.0 „	
	Juni	7.	+ 59.7 „	

α Centauri.

Beobachtungen der radialen Geschwindigkeiten der beiden Komponenten von α Centauri ergaben folgendes:

α Centauri (schwächere Komponenten).

1904	Februar	25.	— 18.90 *km*
	März	4.	— 18 69 „
	Juni	23.	— 19.70 „

α_2 Centauri.

1904	Februar	21.	— 24.02 *km*
	März	4.	— 24.20 „
	Juni	23.	— 24.58 „

Außer diesen Aufnahmen wurde am 29. Mai mit einer kurzen Kamera photographiert, die für schwächere Sterne bestimmt ist. Die Negative sind mangelhaft, da die Spektra überexponiert erscheinen, indessen ergaben die Messungen folgende Resultate:

1904 Mai 29.

α_1 Centauri	— 19.70 *km*
α_2 „	— 24.30 „

Dies stimmt gut mit den obigen Angaben überein. Man erkennt aus den Messungen, daß die beiden Komponenten von α Centauri eine verschieden schnelle Radialbewegung besitzen.

Die Differenzen der Geschwindigkeit beider Sterne sind:

		Differenz der radialen Geschwindigkeiten
1904	Februar 21.—25.	5.12 *km*
	März 4.	5.51 „
	Juni 23.	4.88 „

Diese Unterschiede können davon herrühren, daß entweder die relative Bahnbewegung der beiden Komponenten ungleich ist, oder wenigstens einer der beiden Sterne für sich wiederum einen spektrographischen Doppelstern bildet. Nimmt man die erstere Hypothese an und erinnert sich, daß die scheinbare Bahn des Doppelsternes *α* Centauri genau bekannt ist, so läßt sich aus dieser und den radialen Geschwindigkeiten die Parallaxe von *α* Centauri leicht berechnen. Nach Roberts sind folgendes die wahrscheinlichsten Elemente der Bahn von *α* Centauri.

Zeit des Periastrons	T =	1875.715
Umlaufsdauer	P =	81.185 Jahre
Exzentrizität der Bahn	e =	0.52865
Neigung der Bahn	i =	79° 21′ 36″
Aufsteigender Knoten der Bahn . . .	Ω =	25 5 50
Halbe große Achse der Bahn	α =	17.71″
Entfernung des Knotens vom Periastron	λ =	52° 0′ 58″

Aus diesen Bahnelementen ergibt sich unter Benutzung der oben angegebenen Differenzen in der Radialgeschwindigkeit der beiden Sternkomponenten als Parallaxe von *α* Centauri der Wert $\pi = 0.76''$ und diesem entsprechend die mittlere Distanz der beiden Komponenten in Kilometern = 3.46×10^9 oder 3460 Millionen Kilometer. Die Massen beider Sterne sind = 1.9 Sonnenmassen. Aus direkten Beobachtungen haben Gill und Elkin die Parallaxe von *α* Centauri zu $\pi = 0.75 + 0.01''$ bestimmt, ein Wert, der nunmehr auf einem ganz andern Wege die vollste Bestätigung findet. Infolge der sehr exzentrischen Bahn sind beide Komponenten im Periastron nur wenig weiter voneinander entfernt als bei uns Sonne und Saturn, im Apastron dagegen ist ihre Entfernung größer als die Entfernung des Neptun von der Sonne. Die oben genannte zweite Hypothese zur Erklärung des Unterschiedes der relativen Bahnbewegungen der beiden Komponenten, also die Annahme, daß eine derselben ein spektroskopischer Doppelstern sei, ist an und für sich zwar wenig wahrscheinlich, doch kann sie nicht ohne weiteres abgewiesen werden. Denn die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, daß unter den Fixsternen von je sieben wenigstens einer veränderliche Radialbewegung besitzt, groß genug, um mit den mächtigen heutigen Spektrographen erkannt zu werden. Nimmt man dieses Verhältnis an, so ergibt sich, daß die Wahrscheinlichkeit, bei einem optischen Doppelsternpaare sei wenigstens eine der beiden Komponenten auch noch ein spektroskopischer Doppelstern, etwas über $\frac{1}{4}$ ist. Mag diese nun größer oder kleiner sein, Tatsache ist, daß eine Anzahl optischer Doppelsterne auch bei einer ihrer Komponenten veränder-

liche Radialbewegung zeigt, so daß diese wiederum als spektroskopische Doppelsterne anzusehen sind, so bei π Ursae majoris, a Geminorum, $\varkappa$ Pegasi und andern. Dies muß zur Vorsicht mahnen gegenüber der Bestimmung von Sternparallaxen aus Beobachtungen der radialen Geschwindigkeit, die sich nur über einen kurzen Zeitraum erstrecken. Betrachtungen dieser Art sind in gleicher Weise aber auch anwendbar auf die alte Methode der direkten Messung von Fixsternparallaxen, da die Dimensionen der Bahnen mancher spektroskopischen Doppelsterne von ähnlicher Größe sind wie diejenigen der Erdbahn.

Der spektroskopische Doppelstern β Aurigae. Dieser Doppelstern, der als solcher im Jahre 1890 auf dem Harvardobservatorium erkannt wurde, ist nahe um dieselbe Zeit auch zu Potsdam beobachtet worden, und Prof. Vogel fand damals, daß die relativen Intensitäten der (Magnesium-) Doppellinie λ 4481 veränderlich sind, indem auf einigen Platten die nach Rot gelegene Komponente, auf andern die gegen Violett hin liegende stärker erscheint. Aus den Aufnahmen am Harvardobservatorium ergab sich als Umlaufszeit von β Aurigae $3^d\ 23^h\ 36.7^m$, und diese wird auch in einer spätern Publikation (1898) von Miß Maury festgehalten. In dieser Abhandlung über die K-Linien im Spektrum von β Aurigae wird erwähnt, daß auf dem Harvardobservatorium in den neun Jahren 1889 bis 1898 200 Photogramme des Sternes erhalten worden seien, daß die relative Geschwindigkeit 240 *km*, die Entfernung beider Körper voneinander mindestens 8 Millionen engl. Meilen, und die Masse der einzelnen Komponenten 1.25 Sonnenmassen betragen. Der Wechsel in der Intensität wurde von Miß Maury auch für die Linie K (λ 3934) nachgewiesen. Sonach konnte es scheinen, als sei die obige, von Prof. Pickering berechnete Periode des Sternes sehr nahe richtig, um so mehr, als einige gelegentliche Aufnahmen zu Potsdam damit in Übereinstimmung zu bringen waren. Später erschien eine Arbeit von G. A. Tikhoff, der durch Ausmessung der von Bélopolski zu Pulkowa 1902 und 1903 erhaltenen Spektrogramme eine Periodendauer von $3^d\ 3^h\ 30.4^m$ fand und außerdem in β Aurigae ein Sternsystem erkennen zu müssen glaubt, das nicht aus zwei, sondern aus vier Körpern besteht. Aus der zeitweisen Verdopplung der Komponenten der einzelnen Linien, die er an einigen Aufnahmen wahrgenommen hat, wonach z. B. am 21. Januar 1904 $H\gamma$ in vier Komponenten zerfällt, mit 46 *km*, 224 *km*, 43 *km* und 221 *km* relativer Geschwindigkeit, kommt Tikhoff zu der Ansicht, daß β Aurigae aus zwei Gruppen von Körpern zusammengesetzt sei, von denen jede aus einem Sterne mit starken und einem zweiten mit schwachen Spektrallinien bestehe. Die Umlaufszeit der Sterne innerhalb einer jeden Gruppe sei 19.1^h, während jede Gruppe eine Umdrehung um den Schwerpunkt des Systemes in $3^d\ 23.5^h$ vollende. Das Verhältnis der Massen der zwei Gruppen sei nahe = 1; der

Schwerpunkt des Systemes bewege sich mit einer Geschwindigkeit von — 16 *km* in der Gesichtslinie zur Erde.

Diese Ergebnisse waren Veranlassung, daß Prof. Vogel auf dem Potsdamer Observatorium neue Aufnahmen des Spektrums von β Aurigae machen zu lassen beschloß, worüber er nunmehr berichtet hat.[1] Infolge der ungünstigen Witterung konnte der Plan nicht nach Wunsch ausgeführt werden, doch gelangen 1904 Januar 27 und am nächsten Abende eine Anzahl Aufnahmen außerordentlich befriedigend. Die Untersuchung ergab nun, daß die von Prof. Pickering angegebene Periode unrichtig ist, vielmehr die wahre Dauer derselben $3^d\ 23^h\ 2^m\ 16^s$ beträgt, wodurch nicht nur die sämtlichen Potsdamer sondern auch die Tikhoffschen Messungen vorzüglich dargestellt werden, aber auch alle Anomalien, die Tikhoff auf die Vorstellung eines vierfachen Systemes bei β Aurigae gebracht hatten, verschwinden. Ferner ergibt sich nach Prof. Vogel, daß die Beobachtungen darauf hindeuten, daß die Bahn des Sternes nur wenig von der Kreisform abweichen kann. Unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn, einer relativen Geschwindigkeit beider Körper von 222 *km* und der oben mitgeteilten Periode resultiert für die Masse des Systemes ein Wert von mindestens 4.5 Sonnenmassen, und für die Entfernung beider Körper ergeben sich mindestens 12 Millionen Kilometer. Wie die Beobachtungen über die Radialgeschwindigkeit des Systemes bestätigen, sind die Massen der beiden Komponenten des Doppelsternsystemes nicht viel voneinander verschieden.

Durch Anschluß der Messungen der Magnesiumlinien an das Vergleichsspektrum (Eisen) hat Prof. Vogel noch aus den Potsdamer Beobachtungen von 1903 und 1904 die Bewegung des Systemes in der Gesichtslinie aus 35 Platten abgeleitet und im Mittel aus allen Beobachtungen für die Geschwindigkeit des Systemes gefunden: — 21 *km* $\pm$ 1 *km*.

Dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit einem von S. Deslandres 1892 gefundenen Werte — 19 *km*, mit dem aus den vier Potsdamer Aufnahmen aus dem Jahre 1901 sich ergebenden, der im Mittel — 18 *km* beträgt, und mit der Tikhoffschen Bestimmung — 16 *km*.

Die Beobachtungen in der einen Hälfte der Bahn, von Deckung zu Deckung der Linien gelegen, geben im Mittel für die Geschwindigkeit des Systemes — 19.4 *km*, die Beobachtungen aus der andern Hälfte der Bahn — 22.7 *km*. Eine weitere Bestätigung dafür, daß beide Komponenten des Systemes sehr nahe gleiche Masse haben, konnte durch die direkte Berechnung der Geschwindigkeit der einzelnen Körper relativ zur Sonne aus den Verschiebungen der Magnesiumlinien gegen die Linien des Vergleichsspektrums abgeleitet werden. Die Rechnung und graphische Darstellung hat Dr. Schweydar ausgeführt. Mit der Annahme einer Maximalgeschwindigkeit von 111 *km*

[1] Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904. p. 497.

stellt ein und dieselbe Kurve die für jeden der Körper gefundenen Geschwindigkeiten sehr gut dar.

Wie oben angegeben, hatte Prof. Vogel schon bei den ersten Beobachtungen die Wahrnehmung gemacht, daß die eine Komponente der Magnesiumlinie breiter und etwas verwaschener, wohl auch etwas kräftiger als die andere erschien, und ein Wechsel insofern stattfände, daß einmal die stärkere, ein andermal die schwächere Komponente mehr nach Rot zu gelegen war. Diese Beobachtung ließ den Gedanken aufkommen, daß das Spektrum des einen Körpers etwas kräftiger sei als das des andern, und daß der Wechsel dann mit der Stellung der Körper in der Bahn zusammenhänge.

Prof. Vogel hat indessen später keinen regelmäßigen Wechsel, der von der Lage der Körper in der Bahn abhängig ist, nachweisen können; im Gegenteil ist er durch die neuesten Beobachtungen, besonders durch die in der Nacht vom 27. zum 28. Januar 1904 ohne Unterbrechung ausgeführten Aufnahmen überzeugt worden, daß der Wechsel ganz unregelmäßig erfolgt.

Auch bei ζ Ursae majoris findet ein Wechsel in der relativen Intensität der Komponenten der Magnesiumlinien statt; es ist Prof. Vogel aber ebensowenig wie bei β Aurigae möglich gewesen, einen Zusammenhang mit der Phase, in welcher sich die den Doppelstern bildenden Körper befinden, zu entdecken.

Was die Größe der relativen Intensitätsänderungen der Magnesiumlinie, auf die sich vorwiegend Prof. Vogels Beobachtungen erstreckt haben, anbelangt, so ist dieselbe oft recht bedeutend. „Auf einigen Platten,“ sagt er, „ist die eine Komponente scharf, sehr deutlich und gut begrenzt, die andere dagegen sehr breit, verwaschen und so schwach, daß eine Messung ihrer Lage nur schwer auszuführen ist. Einmal erscheint die eine Linie doppelt, zuweilen auch beide; sie bestehen dann entweder aus einer breitern und einer ganz schmalen Linie, oder aus zwei gleich breiten Linien, deren Abstand einer relativen Bewegung von 40 *km* bis 50 *km* entspricht. Manchmal stimmen die Magnesiumlinien und die Ti-Linien im Aussehen ganz überein, häufiger sind sie gänzlich verschieden. Die Wasserstofflinie $H\gamma$ erscheint auf einigen Platten deutlich vierfach. Es treten zuweilen im Spektrum neue einfache, oft ganz scharfe Linien auf, zu denen sich keine Komponenten finden lassen, während die Magnesiumlinien getrennt sind.“

Das sind, fährt Prof. Vogel fort, alles Erscheinungen, die ich auch schon im Spektrum von ζ Ursae majoris beobachtet habe. Der darauf bezügliche Passus seiner zweiten Abhandlung über ζ Ursae majoris lautet:

„Selten sind die Komponenten der Magnesiumlinie in bezug auf Intensität und Breite gleich, gewöhnlich ist die brechbarere der Komponenten die breitere; nach einer Deckung der Spektra hat mit Bestimmtheit kein Wechsel im Aussehen nachgewiesen werden können.

Unter den neuern Beobachtungen sind einige, bei denen beide Komponenten wieder doppelt sind. Die Linien der zwei Linienpaare sind dann sehr scharf und schmal. Die Ungleichheiten als zufällige Veränderungen im Korne der photographischen Schicht anzusehen, scheint wohl ausgeschlossen, da die Ungleichheiten im Aussehen der Magnesiumlinien sich auch zuweilen in demselben Sinne bei einigen Eisenlinien zeigen, freilich, wegen der Schwäche derselben, nur mit geringer Sicherheit. Es scheint mir aber die Annahme nicht ausgeschlossen, daß bei den stark variierenden Abständen der beiden Körper bei ihrer Bewegung umeinander (16 bis 51 Millionen Kilometer) gegenseitige Störungen in den Atmosphären der Weltkörper entstehen, die zeitweilig Umkehrungserscheinungen oder Verbreiterungen zur Folge haben."

„Wenn es nun", sagt Vogel, „bei ζ Ursae majoris berechtigt erschien, Störungen in den Atmosphären bei der starken Elliptizität der Bahn ($e = 0.502$) anzunehmen, so liegt hier bei einer fast kreisförmigen Bahn kein Grund zu einer solchen Annahme vor. Die von Tikhoff ausgesprochene Ansicht, daß jede der Komponenten wieder ein Doppelstern sei, ist ja nicht direkt abzuweisen; sie erhält aber durch das ähnliche Verhalten der Linien bei ζ Ursae majoris meiner Ansicht nach keine Stütze. Ich möchte daher die Aufmerksamkeit auf folgende Überlegung lenken: Die Spektra der Klasse Ia 2 zeigen außer den breiten Wasserstofflinien, den Linien des Kalziums, Magnesiums, Eisens und Titans nur eine mehr oder minder große Anzahl ganz schwacher Linien. Im Spektrum von β Aurigae erscheint zu der Zeit der vollkommenen oder nahezu vollkommenen Deckung beider Spektra das kontinuierliche Spektrum durchzogen von einer sehr großen Anzahl feiner Linien, so daß dem kontinuierlichen Spektrum das Aussehen einer feinen, stellenweise nicht aufzulösenden Schraffierung verliehen wird. Bei der Verschiebung zweier solcher übereinander gelagerter Spektra gegeneinander, projizieren sich die Linien des einen Spektrums auf den durchaus nicht gleichmäßigen Spektralgrund des andern Spektrums, und es können und müssen dadurch Linien, die man in dem einzelnen Spektrum kaum erkennen konnte, plötzlich stärker hervortreten; andere aber werden, wenn sie gerade mit einer hellern Stelle des superponierten Spektrums zusammenfallen, stark geschwächt werden. Ich bin der Ansicht, daß sich möglicherweise damit auch die zeitweisen Verdopplungen, der Wechsel der relativen Intensität oder der Schärfe der breiten, getrennt erscheinenden Magnesiumlinien oder Ti-Linien oder der Linie K erklären lassen. Es kommt ferner noch hinzu, daß die Absorption in den Atmosphären der Körper von der Spektralklasse Ia 2, vielleicht mit Ausnahme der Kalziumabsorption, keine so kräftige ist, so daß die Linien im allgemeinen bei der Übereinanderlagerung zweier Spektra noch zum Teil aufgehellt werden, wenn die Spektra sich nicht vollkommen decken. Darauf beruht es auch, daß

das Gelingen spektrographischer Aufnahmen derartiger Spektra so sehr von der richtigen Expositionszeit abhängt. Ohne Zweifel spielt ferner die Struktur der photographischen Schicht hier eine viel größere Rolle als bei der Aufnahme nicht übereinander liegender Spektra. Zur Ergründung der besprochenen Erscheinungen sind nur Spektrogramme, die mit Hilfe eines sehr stark zerstreuenden Spektrographen auf möglichst feinkörnigen Platten hergestellt sind, verwendbar. Es wird erforderlich sein, häufige Aufnahmen in kurzen Zwischenräumen vorzunehmen und die Veränderungen an der Magnesiumlinie λ 4481 mit denen an andern Linien zu vergleichen."

Das Spektrum und die Bahn von δ Orionis. Dieser Stern 2.5 Größe gehört zu denjenigen Fixsternen, welche einen geringen Lichtwechsel erkennen lassen. Im Jahre 1834 wurde John Herschel zuerst auf dessen Helligkeitsänderungen aufmerksam, und 20 Jahre später bestätigte Sulzer die letztern. Auwers glaubte aus seinen Beobachtungen 1854 bis 1858 sogar eine bestimmte Lichtperiode ableiten zu können und fand dieselbe zu 16.08 Tagen bei einer Helligkeitsschwankung von 0.5 Größenklasse. Schönfeld hat diesen Lichtwechsel im allgemeinen auch erkannt und den Stern bestimmt zu den Veränderlichen gerechnet.

Im Winter 1899 bis 1900 hat H. Deslandres mit dem großen photographischen Teleskop zu Meudon bei Paris das Spektrum von δ Orionis an elf Abenden aufgenommen und fand bei Vergleichung der Platten deutliche, periodische Verschiebungen der Spektrallinien. Er erklärte infolgedessen den Stern für einen solchen mit veränderlicher Geschwindigkeit in der Gesichtslinie, also für einen spektroskopischen Doppelstern. Aus seinen Messungen leitete Deslandres eine Umlaufszeit des sichtbaren Sternes um den mit seinem unsichtbaren Begleiter gemeinsamen Schwerpunkt von nur 1.92 Tagen ab. Mit dieser Umlaufsdauer ließen sich jedoch die nahe gleichzeitigen Aufnahmen auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam nicht vereinigen, und Prof. J. Hartmann beschloß deshalb, den Stern weiter zu beobachten. Da die Spektrallinien desselben sehr verwaschen sind, so erschien es vorteilhafter, die Aufnahmen mit geringerer Dispersion (an einem Spektrographen mit nur einem Prisma) zu machen. Solche hat Prof. Hartmann in den Wintermonaten 1901 bis 1902 und 1902 bis 1903 in größerer Anzahl ausgeführt, und ihre Bearbeitung hat ihn dann zu sehr interessanten Ergebnissen geführt. [1])

„Der Stern δ Orionis", bemerkt Prof. Hartmann, „gehört zum Typus der Orionsterne (I b), deren Spektrum neben den Linien des Wasserstoffes hauptsächlich die des Heliums zeigt. Im vorliegenden Falle sind alle diese Linien äußerst verwaschen und matt, so daß ihre Messung sehr schwierig und unsicher ist. Wegen der geringen

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. in Berlin 1904. p. 527.

Intensität der Linien sind alle Plattenfehler sehr störend, und infolge ungleichmäßiger Kornablagerung erscheinen die Linien häufig krumm und unsymmetrisch, bisweilen sogar verdoppelt. Durch eine besondere Untersuchung habe ich mich davon überzeugt, daß die Andeutungen von Verdopplungen und unsymmetrischen Verbreiterungen nicht durch Linien veranlaßt sein können, welche der zweiten Komponente des Systemes angehören; jedoch halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß die Form der Linien, vielleicht infolge heftiger Bewegungen in der Gashülle des Sternes, kleinen reellen Änderungen unterworfen ist. Muß man hiernach δ Orionis für ein Doppelsternsystem halten, dessen eine Komponente, wie man sich auszudrücken pflegt, „dunkel“ ist, so möchte ich doch darauf aufmerksam machen, daß man hier unter „Dunkelheit“ nur einen relativ geringen Helligkeitsunterschied zu verstehen hat. Schon ein Unterschied von etwa einer Größenklasse würde ausreichen, um das Spektrum der schwächern Komponente fast zum völligen Verschwinden zu bringen, und bei einem Unterschiede von zwei Größenklassen ist es unmöglich, daß auch nur eine Spur des schwächern Spektrums erscheint. In dieser geringen Größendifferenz, die zur Auslöschung des schwächern Spektrums genügt, liegt auch die Erklärung der Tatsache, daß sich unter den zahlreichen bisher entdeckten spektroskopischen Doppelsystemen nur eine sehr kleine Anzahl solcher befindet, bei denen sich auch die zweite Komponente im Spektrum nachweisen läßt.“

Die Ausmessung der Position der einzelnen Linien auf der Platte hat Prof. Hartmann mit ganz besonderer Sorgfalt durchgeführt, um von Fehlern in der persönlichen Auffassung des Messenden möglichst frei zu bleiben. Auch hat er sich dabei nicht auf die Wasserstofflinie $H\gamma$ beschränkt, sondern im ganzen die Position von 20 verschiedenen Linien gemessen, darunter die Hauptlinien des Wasserstoffes und Heliums, sowie Linien des Siliziums und eine Kalziumlinie (λ 3934). Die sämtlichen Linien zeigen periodische Verschiebungen ihrer Lage, welche eine Bahnbewegung des Sternes δ Orionis offenbaren; nur allein die Kalziumlinie macht davon eine Ausnahme, indem sie überraschender Weise an der durch die Bahnbewegung des Sternes verursachten periodischen Linienverschiebung durchaus nicht teilnimmt. Prof. Hartmann hat diese Tatsache außer jeden Zweifel gestellt, und es fragt sich jetzt, wie sie zu erklären ist. „Das die dieser dunkeln Linie entsprechende Absorption,“ sagt Prof. Hartmann, „erst in der Erdatmosphäre stattgefunden habe, ist schon wegen der Art dieser Absorption ganz unwahrscheinlich. Auch würde dann die betreffende Linie überhaupt in jedem Sternspektrum auftreten, und die aus ihrer Lage berechneten Geschwindigkeiten müßten durch Anbringung der Reduktion auf die Sonne in schlechtere Übereinstimmung kommen. Allein gerade das Gegenteil ist der Fall; erst durch Reduktion auf die Sonne wird der Wert völlig konstant, und hierdurch ist der kosmische Ursprung der Linie bewiesen. Die zu-

nächst liegende Annahme, daß die beobachtete Linie der zweiten Komponente des Doppelsternsystemes angehöre, führt auf zwei Schwierigkeiten. Man müßte nämlich für die zweite, lichtschwächere Komponente eine mindestens zehnmal so große Masse annehmen als für den hellen Stern. Ist dies schon sehr unwahrscheinlich, so ist es noch auffälliger, daß sich von dem Spektrum des zweiten Körpers keine einzige weitere Linie verraten sollte. Das Auftreten einer solchen einzelnen Linie würde sich durch keinen der bisher bekannten Spektraltypen erklären lassen, und es weist vielmehr mit ziemlicher Sicherheit auf das Vorhandensein einer mit dem Sterne nicht unmittelbar zusammenhängenden absorbierenden Gasschicht hin.

Man wird hierdurch zu der Annahme geführt, daß sich auf der Gesichtslinie zwischen der Sonne und δ Orionis an irgend einer Stelle des Raumes eine Wolke befindet, welche jene Absorption hervorbringt und sich mit 16 *km* Geschwindigkeit von uns entfernt, falls man noch die nach der Natur der beobachteten Linie sehr wahrscheinliche Annahme zuläßt, daß die Wolke aus Kalziumdampf besteht. Diese Folgerung findet eine wesentliche Stütze in einer ganz ähnlichen Erscheinung, die das Spektrum der Nova Persei im Jahre 1901 zeigte. Während in diesem Spektrum die Linien des Wasserstoffes und anderer Elemente durch ihre enorme Verbreiterung und Verschiebung und den fortwährenden Wechsel ihrer Form auf stürmische Vorgänge in der Gashülle des Sternes schließen ließen, wurden während der ganzen Dauer der Erscheinung die beiden Kalziumlinien λ 3934 und λ 3969, sowie die D-Linien als völlig scharfe Absorptionslinien beobachtet, welche die konstante Geschwindigkeit + 7 *km* ergaben. Schon damals äußerte ich den Gedanken, daß die genannten scharfen Linien wahrscheinlich ihre Entstehung nicht auf der Nova selbst, sondern in einer in der Gesichtslinie liegenden Nebelmasse hätten, eine Ansicht, die durch die spätere Entdeckung der Nebel in der Umgebung der Nova nur an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat. Auch bei δ Orionis ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Wolke in Zusammenhang mit den ausgedehnten Nebelmassen steht, welche von Barnard in der Umgebung nachgewiesen wurden. Die zweite Kalziumlinie λ 3969 wird im Spektrum von δ Orionis durch die breite Wasserstofflinie $H\varepsilon$ überdeckt und kann daher nicht beobachtet werden.

An welcher Stelle der Visierlinie die Nebelmasse liegt, läßt sich nicht ermitteln; um ihre seitliche Ausdehnung zu bestimmen, wird man die Spektra der benachbarten Sterne, namentlich solcher mit veränderlicher oder stark abweichender Geschwindigkeit, auf das Vorkommen der Kalziumlinie zu prüfen haben. In den Spektren von ζ und ε Orionis ist diese Linie vorhanden, doch kann man, da die Geschwindigkeit dieser Sterne nur wenig von der oben angegebenen Bewegung der Wolke abweicht, ihre Zugehörigkeit zum Spektrum des Sternes oder der Wolke nicht entscheiden.“

Indem Prof. Hartmann zur Bestimmung der Bahn überging, die δ Orionis mit seinem Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreibt, fand er auf Grund des einen größern Zeitraum umfassenden Materiales, daß die von Deslandres vermutete Umlaufsdauer nicht zutreffend ist, sondern die wahre Umlaufszeit 5^d 17^h 34^m 48^s beträgt mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 17^s$. Die weitere Rechnung ergab folgendes:

Bewegung des Schwerpunktes der Bahn (V_c) = + 23.1 *km*,
Zeit des Periastrums (T) = 1902 Februar 12.35,
Epoche, in welcher V = Null (t_0) = 1902 Februar 11.13,
Länge des Perihels vom Knoten an (ω) = 339° 18.9′,
Länge des entferntesten Punktes der Bahn (u_1) = 95° 32.9′,
Länge des nächsten Punktes der Bahn (u_2) = 264° 27.1′,
Exzentrizität (e) = 0.103 34.
Projektion der großen Halbachse der Bahn auf die Gesichtslinie zur Erde (a · sin i) = 7 906 600 *km*.

Die Neigung i der Bahn bleibt unbekannt, und daher kann man den Wert der halben großen Achse nicht direkt ermitteln. „Dagegen kann man die Distanzen angeben, bis zu welchen sich der sichtbare Stern hinter und vor diese Ebene bewegt, denen also die oben mit u_1 und u_2 bezeichneten Längen entsprechen. Es ergibt sich, daß sich der Stern bis 8 069 400 *km* hinter diese Ebene und bis 7 498 500 *km* vor die Ebene bewegt. Macht man folgende Annahmen für die Neigung der Bahn gegen die Gesichtslinie zur Erde, nämlich i = 45°, 60°, 75° und 90°, so erhält man folgende Werte für die große Halbachse a der Bahn:

für i =		a =	
für i =	45°	a =	11 182 000 *km*
	60		9 129 800 „
	75		8 185 600 „
	90		7 906 600 „

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, daß die Bahn, falls man i nicht sehr klein annimmt, etwa den sechsten Teil des Durchmessers der Merkurbahn hat. Sind die Massen der beiden Komponenten des Doppelsystemes nahezu gleich, so würde hiernach der Abstand der Sterne voneinander ungefähr ein Drittel des Abstandes des Merkur von der Sonne sein.

Da über die Bewegung des Begleiters nichts bekannt ist, so kann man bezüglich der Masse des Systemes nur unter gewissen Annahmen zu näherungsweisen Schätzungen gelangen. Prof. Hartmann kommt hiernach zu dem Ergebnisse, daß bei δ Orionis die beiden Massen nahezu gleich sein dürften, und die Gesamtmasse des Systemes wahrscheinlich fünf- bis zehnmal größer als die Masse unserer Sonne ist.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes ι Pegasi. Die Tatsache, daß ι Pegasi ein spektroskopischer Doppelstern ist, wurde von Campbell entdeckt und im Mai 1899 veröffentlicht. Jetzt hat Heber D. Curtis von der Lickssternwarte eine genaue Bahnberechnung dieses Binarsystemes ausgeführt, und zwar gestützt auf

die Messungen der Linienverschiebungen auf 43 photographischen Platten, die zwischen 1897 Oktober 7 und 1903 Dezember 1 auf der Lickstemwarte erhalten wurden. Diese Messungen liefern für die Geschwindigkeiten des sichtbaren Hauptsternes in der Gesichtslinie größtenteils sehr genaue Werte, und infolgedessen konnte die Bahn dieses Doppelsystemes mit einem hohen Grade von Zuverlässigkeit abgeleitet werden. Nachstehend sind die endgültigen Werte für die einzelnen Bahnelemente, zu denen der Berechner gelangte, angegeben:

Dauer des Umlaufes um den gemeinsamen Schwerpunkt P = 10.21312 Tage ± 0.0006 „
Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes des Systemes V = — 4.12 *km* ± 0.11 „
Zeit des Periastrums . . . . T = 1899 Juni 14.966 ± 0 352 Tage
Exzentrizität der Bahn . . . . e = 0.0085 ± 0.0040
Positionswinkel des Periastrums . . . . ω = 251.807° ± 1.373°
Halbe große Achse der Bahn . . . . a sin i = 6.740000 *km*

Die Geschwindigkeit von ι Pegasi in der Gesichtslinie variiert zwischen + 43.7 und — 52.1 *km* in der Sekunde. Die genauesten Untersuchungen des Sternes am 36-zölligen Refraktor haben keine Spur des Begleiters oder einer Verlängerung der runden Scheibe des Sternes erkennen lassen.

Sterne mit eigentümlichen Spektren. Bei Untersuchung der photographischen Platten der Harvardsternwarte hat Mrs. Fleming wieder eine Anzahl von Sternen mit eigentümlichen Spektren

Sternbild	R. A. 1900	Dez. 1900	Größe	Spektrum	Beschreibung	Entdecker
	h m	° ′				
Taurus	5 46.9	+ 15 57	. .	. . .	Veränderlich	W. P. Fleming
Auriga	6 27.6	+ 42 34	9 3	N.	„	W. P. Fleming
Canis Minor	7 42.8	+ 5 44	. .	. . .	„	L. D. Wells
Vela	8 11.7	— 46 10	7.1	B 3 A	Hβ B. hell	A. J. Cannon
Vela	9 20.4	— 48 26	10.0	Md.	Veränderlich	W. P. Fleming
Carina	9 35 9	— 59 38	. .	helle Lin.	Gasnebel	W. P. Fleming
Carina	10 8.3	— 57 33	6.7	B 3 A	Hβ B. hell	W. P. Fleming
Carina	10 32.8	— 70 12	. .	Md.	Veränderlich	W. P. Fleming
Vela	11 8.6	— 47 40	9.9	P.	dunkle Band.	W. P. Fleming
Ursa Major	11 51.3	+ 58 25	7.5	Md.	Veränderlich	E. S. King
Crux	12 50.7	— 57 21	. .	P.	„	W. P. Fleming
Centaurus	13 7.6	— 56 26	9.4	. . .	„	S. E. Breslin
Virgo	13 31.0	— 19 5	9.0	. . .	„	W. P. Fleming
Ara	17 11.6	— 45 52	10.0	N.	„	L. D. Wells
Lyra	18 37.6	+ 28 43	9.3	Mc.	„	W. P. Fleming
Telescopium	20 12.9	— 50 8	10.0	N.	„	L. D. Wells
Capricornus	20 13 3	— 16 10	8.0	Mc.	„	W. P. Fleming
Cygnus	20 58.9	+ 40 54	8.4	. . .	„	J. A. Dunne
Indus	21 3.1	— 54 7	10.0	P.	dunkle Band.	W. P. Fleming
Cepheus	22 12.9	+ 55 7	. .	helle Lin.	Typ. V.	W. P. Fleming
Lacerta	22 19.9	+ 50 28	. .	„ „	Gasnebel	W. P. Fleming
Pegasus	22 59.2	+ 14 45	. .	. . .	Veränderlich	E. C. Pickering

entdeckt, von denen Prof. Pickering ein Verzeichnis gibt.[1]) Dasselbe ist hier wiedergegeben. Die Örter gelten für 1900, die Spektralklassen sind die von der Harvardsternwarte adoptierten.

Auf einer am 15. Juli 1898 aufgenommenen Platte zeigt das Spektrum des Veränderlichen RS Ophiuchi den Typus III mit den Linien Hζ, Hε, Hδ, Hγ und Hβ hell mit den Intensitäten resp. 2, 1, 5, 10 und 20, außerdem zwei helle Linien mit den Intensitäten 7 und 14. Sie scheinen zusammenzufallen mit den hellen Linien im Spektrum von γ Velorum, deren Wellenlängen sind: λ 4656 und λ 4691. Bis jetzt ist kein anderer veränderlicher Stern mit einem solchen Spektrum bekannt.

Der Ringnebel in der Leyer ist von Prof. Schaerberle auf der Sternwarte zu Ann. Arbor (N.-A.) photographiert worden. Derselbe bediente sich dazu eines Spiegelteleskops, dessen parabolischer Spiegel bei 33 *cm* freier Öffnung nur eine Brennweite von 0.5 *m* besitzt, also in bezug auf Lichtstärke alle gleichzeitigen photographischen Fernrohre übertrifft. Von dem Zentralsterne des Nebels gehen auf der Photographie zwei spiralige Streifen aus, die sich ihrerseits wiederum verzweigen und einander durchkreuzend den bekannten nebligen Ring bilden. Auch über diesen hinaus zeigt die Photographie noch feine Nebelbogen, so daß dieses Gebilde im großen und ganzen an die Spiralnebel erinnert. Das nämliche gilt nach Schaerberles Aufnahmen von dem Nebel im Fuchs (N G K 6853), den Rosse unter dem Namen Dumbbellnebel beschrieben und gezeichnet hat. Auch der große Sternhaufen im Herkules (N G K 6205) zeigt nach Schaerberles Photographie fein spiralige Nebel, auf denen sich die Sterne projizieren, obgleich bis jetzt weder die großen Teleskope, noch andere Photographien in diesem Haufen die geringste Spur von Nebligkeit gezeigt haben. Allerdings ist das Schaerberlesche Instrument infolge seiner kurzen Brennweite so außerordentlich lichtstark, daß es nach einer Belichtung von nur wenigen Minuten auf der photographischen Platte die feinsten Sterne hervorruft, die nur am Yerkesrefraktor direkt gesehen werden können, und insofern hat das Erscheinen jener feinen Nebligkeiten in dem großen Sternhaufen im Herkules durchaus nichts Auffallendes. Indessen ist doch zu wünschen, daß die von Schaerberle mit seinem Instrumente erhaltenen Resultate von anderer Seite Bestätigung finden. Dieses photographische Spiegelteleskop hat übrigens infolge seiner kurzen Brennweite nur ein sehr kleines, unverzerrtes Gesichtsfeld (etwa von 30′ Durchmesser), und auch die Dauer der Belichtung darf eine Stunde nicht sehr übersteigen, da sonst Schleierbildung eintritt.

[1]) Harvard College Observatory Circular Nr. 76.

Die Position der Ebene der Milchstraße. Prof. Simon Newcomb hat hierüber eine wichtige Untersuchung veröffentlicht. „Es ist“, sagt er, „eine bekannte Tatsache, daß das Himmelsgewölbe in der Richtung der Pole der Milchstraße am sternärmsten erscheint, und daß die Zahl der sichtbaren Sterne zuerst langsam, dann aber rascher in der Richtung gegen die Milchstraße hin zunimmt. Innerhalb des Milchstraßengürtels scheint die Sterndichte ziemlich gleichmäßig zu sein, aber in der Milchstraße selbst stehen die Sterne dichter, und es zeigen sich oft Sternanhäufungen mit bestimmten Begrenzungen“. Die Hauptaufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Bestimmung der Hauptebene der Milchstraße und die Erörterung der Frage, ob die nicht zu dieser gehörigen Sterne in der Richtung gegen die Ebene derselben dichter stehen oder in bezug auf irgend eine andere Ebene. Prof. Newcomb geht von keiner Hypothese über die wirkliche Dichte der Sternanhäufung im Raume aus, sondern betrachtet lediglich die scheinbare Verteilung der Sterne am Himmelsgewölbe. „Wir denken uns“, sagt er, „eine beliebige Ebene durch unsern Standpunkt gelegt, der den Anfangspunkt der Koordinaten bildet, und diese Ebene unbegrenzt in den Raum hinaus erweitert. Dieselbe schneidet dann die Himmelssphäre in einem größten Kreise. Die senkrechte Entfernung eines Sternes von dieser Ebene wird der Sinus seines Winkelabstandes von dem erwähnten größten Kreise sein. Bildet man die Summe der Quadrate dieser Sinusse für das ganze betrachtete System der Sterne, so wird der Wert dieser Summe sich ändern mit der Lage, die wir jener Ebene zuweisen. Die Hauptebene der Sterndichte wird weiter diejenige sein, für welche die erwähnte Summe der Quadrate am kleinsten ist. Die Ausführung dieser Rechenoperation führt auf eine kubische Gleichung, deren drei Wurzeln die drei Hauptebenen des betrachteten Sternsystemes bezeichnen, und zwar entspricht die kleinste der Ebenen der Verdichtung, während die andern Ebenen rechtwinklig dazu stehen. Wenn das betrachtete Sternsystem auf einem größten Kreise liegt, so wird der Wert der kleinsten Wurzel der Gleichung gleich Null. In Anwendung dieses Gedankenganges auf die Milchstraße entsteht eine Schwierigkeit dadurch, daß letztere zwischen den Sternbildern Adler und Schwan eine große Trennung oder Bifurkation zeigt. Prof. Newcomb betrachtet deshalb zwei Fälle, indem er einmal den abgetrennten Zweig der Milchstraße mit in Rechnung zieht, in dem zweiten Falle ihn dagegen unberücksichtigt läßt. In keinem von beiden Fällen findet sich indessen, daß die mittlere Ebene der Milchstraße genau einen größten Kreis des Himmelsgewölbes darstellt, und daraus folgt weiter, daß unsere Erde nicht im Mittelpunkte des Milchstraßengürtels sich befindet. Prof. Newcomb geht dann zur Untersuchung des Streifens oder Gürtels hellerer Sterne über, welchen zuerst Sir John Herschel erkannte, und der später von Gould ebenfalls hervorgehoben wurde. Dieser Gürtel zieht sich in einem größten Kreise über den Himmel, welcher die

Ebene der Milchstraße unter einem Winkel von etwa 20° schneidet. Aus der Berechnung der scheinbaren Lage am Himmelsgewölbe von 36 hellen Sternen mit schwachen Eigenbewegungen findet Prof. Newcomb, daß dieser Gürtel die Milchstraßenebene unter einem Winkel von 11° kreuzt. Dann untersucht er weiter, ob sich die Sterne bis einschließlich 2.5 Größe um eine Hauptebene gruppieren, hierauf diejenigen bis 3.5 Größe, dann alle hellen Sterne, und zuletzt dehnt er diese Untersuchung auch auf die Sterne des 5. Spektraltypus aus, welche unter der Bezeichnung Sterne des Wolf-Rayet-Typus zusammengefaßt werden. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse dieser Rechnungen, indem sie die Position der Pole der Hauptebenen, um welche sich die betreffenden Sterne gruppieren, angibt. Die entsprechende Hauptebene liegt also am Himmel in einem größten Kreise, der überall 90° von dem zugehörigen Polpunkte entfernt ist.

	Polpunkt	
	Rektasz.	Deklin.
Ebene der Milchstraße (ohne Berücksichtigung der Trennung im Schwan)	192.8°	+ 27.2°
Ebene der Milchstraße (einschließlich der Trennung)	191.1	+ 26.8°
Goulds Sternengürtel (nach Gould)	171.2	+ 30.0
Derselbe, aus 36 Sternen mit schwacher Eigenbewegung	179.6	+ 26.4
Ebene der Sterne bis 2.5 Größe	181.2	+ 17.4
„ „ „ „ 3.5 „	180.0	+ 21.5
„ aller hellen Sterne	180.0	+ 21.5
„ der Sterne des fünften Typus	190.9	+ 26.7

Aus einer Prüfung des Sternreichtumes der Milchstraßenregion schließt Prof. Newcomb, daß, wenn die galaktischen Agglomerationen außer Betracht bleiben, die Zusammendrängung der hellen Sterne um ihre Hauptebene kaum größer erscheint als bei zufälliger Gruppierung, und daß immer noch eine Zunahme des Sternenreichtumes des Himmelsgewölbes von den Polen gegen die Ebene der Milchstraße hin stattfindet, etwa bis zum doppelten Betrage des an den Milchstraßenpolen bestehenden.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Der Zustand des Eisens im Erdinnern. Das mittlere spezifische Gewicht der Erde läßt es überaus wahrscheinlich erscheinen, daß das tiefe Erdinnere aus Schwermetallen besteht, darunter wahrscheinlich auch Eisen in großen Mengen vertreten sein dürfte. Über den Zustand, in welchem dann letzteres sein müßte, hat sich G. Tammann verbreitet. [1])

Man kennt vom Eisen drei allotropische Zustände. Bei Erhitzung des reinen Eisens absorbiert dieses bei 770° eine erhebliche Wärmemenge, ohne sein Volumen merklich zu ändern, und verliert die Fähigkeit, der Magnetisierbarkeit fast vollständig; das bei gewöhnlicher Temperatur beständige α-Eisen wandelt sich in β-Eisen um. Bei weiterer Temperatursteigerung absorbiert das β-Eisen bei 890° nochmals Wärme, jetzt unter nicht unerheblicher Volumenänderung, indem es sich in das bis zum Schmelzpunkte beständige γ-Eisen umwandelt. Diese Umwandlungen sind reversibel, sie treten bei der Abkühlung im entgegengesetzten Sinne wieder ein, so daß also bei dem Übergange von γ-Eisen in β- oder α-Eisen infolge der Abkühlung eine Volumenvermehrung stattfindet. Die Temperatur der Umwandlung wird durch steigenden Druck, sowie durch Zusatz anderer Elemente, so insbesondere von Kohlenstoff oder Nickel, erniedrigt. Vom Nickel wurde überdies ermittelt, daß sich durch Zusatz von bis zu 30% Nickel der Umwandlungspunkt und hiermit der Verlust der Magnetisierbarkeit unter deutlicher Verkürzung bis auf Zimmertemperatur erniedrigen lasse, diese Umwandlung jedoch nicht bei gleicher Temperatur reversibel ist, sondern bei der Abkühlung die Verlängerung zusammen mit der Wiederkehr der Magnetisierbarkeit erst bei einer bis um 400° niedrigern Temperatur eintritt; wogegen Zusätze von 40 bis 100% Nickel zur Folge haben, daß der wiederum reversible Verlust der Magnetisierbarkeit ohne merkliche Volumenänderung erfolgt. Infolge dieser Abhängigkeit vom Druck und von Beimengungen wird sich das Eisen in der Erde schon in nicht er-

[1]) Zeitschrift f. unorgan. Chemie **37**.

heblicher Tiefe im γ-Zustande befinden. Das in Tiefen über $^1/_{100}$ Erdradius (bei über 16 000 *kg* Druck und über 600° Temperatur) in der Erde vorkommende Eisen, welches wohl nickel- und kohlenstoffhaltig ist, könnte sich nur im γ-Zustande befinden, in dem es nur schwach magnetisierbar ist. Bei sinkender Temperatur der Erde würde dann das Eisen unter Volumenvergrößerung in den stärker magnetisierbaren Zustand übergehen.

Vorläufige Ergebnisse des internationalen Breitendienstes in der Zeit von 1903.0 bis 1904.0 hat Prof. Th. Albrecht veröffentlicht.[1]) Hiernach hat sich der Momentpol während des Jahres 1903 vom mittlern Pole noch weiter entfernt als in den Vorjahren, und es ist anzunehmen, daß wir uns gegenwärtig in einer Periode des Maximums der Breitenvariation befinden.

Die Schwankungen der Polhöhe. Prof. Albrecht hat zur[2]) Darstellung der Polhöhenänderung für die sechs Stationen des Breitendienstes der internationalen Erdmessung eine Formel gegeben, in welcher sich ein Glied (z) findet, dessen Existenz zuerst von Dr. Kimura[3]) nachgewiesen worden, und das einen mit der Zeit veränderlichen, aber für die sechs Stationen gleichen Wert hat. Von verschiedenen Seiten hat man versucht, die Ursache der von diesem Gliede abhängigen Breitenänderung zu bestimmen. Chandler berechnet in Astr. Journ. Nr. 530 den Einfluß eines Fehlers in der benutzten Aberrationskonstante und einer mittlern Parallaxe der beobachteten Sterne. Nach seinen Formeln ist es möglich, den Wert von z durch eine mittlere Parallaxe dieser Sterne im Betrage von 0.128″ darzustellen, aber die wirkliche mittlere Parallaxe ist ohne Zweifel viel kleiner, so daß in dieser Weise nur ein sehr kleiner Teil der beobachteten Breitenänderung erklärt werden kann. Durch einen Fehler in der Aberrationskonstante läßt sich der beobachtete Wert von z gar nicht darstellen.

Eine Bewegung des Erdschwerpunktes in der Richtung der Erdachse würde eine für alle auf demselben Parallel liegenden Stationen gleiche Breitenänderung hervorrufen. Nimmt man nach dem von Albrecht bestimmten Werte eine jährliche periodische Änderung mit einer Amplitude von 0.04″ an, so würde die jährliche periodische Bewegung des Schwerpunktes eine Amplitude haben von ungefähr 1.5 *m*; die Verschiebung des Schwerpunktes zwischen den äußersten Lagen wäre also 3 *m*. Will man diese Bewegung durch Abschmelzen von Eis in den Polargegenden erklären, so muß man annehmen, unter der Voraussetzung, daß durch den Druck des Eises das Festland sich

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3945.
[2]) Resultate des internationalen Breitendienstes **1**.
[3]) Astron. Nachr. **158**. p. 233.

nicht deformiert (auf diesen Umstand hat Helmert hingewiesen), daß auf dem Polarkontinente eine Menge von ungefähr 3 Millionen Kubikkilometer Eis abschmelzen sollte. Das ist eine Eisdecke von 1 *km* Dicke auf einem Festlande von ungefähr 244 Quadratgrad oder auf einem Teile der Erdoberfläche innerhalb eines Kreises von ungefähr 9° Radius. Betrachtet man die Wärmemenge, welche die Erde jährlich von der Sonne empfängt, so leitet man daraus leicht ab, daß eine solche jährliche Umwandlung von Eis in Wasser in den Polargegenden nicht möglich ist. Es ist jedoch nicht unmöglich, daß durch andere uns bis jetzt unbekannte Ursachen eine solche Schwerpunktsverschiebung hervorgerufen wird.

Prof. H. G. van de Sande Bakhuyzen in Leiden versuchte nun zu zeigen,[1]) daß unter den verschiedenen Hypothesen zur Erklärung der durch z in Albrechts Formel dargestellten Breitenänderung von dem jetzigen Standpunkte diejenige als die meist wahrscheinliche oder am wenigsten unwahrscheinliche erscheint, welche diese Änderung für nicht reell, sondern als durch Refraktionsanomalien hervorgerufen betrachtet. Bevor man über die Zulässigkeit dieser Hypothese ein bestimmtes Urteil fällen kann, muß jedoch noch verschiedenes untersucht werden. Es sind dazu nötig einerseits Bestimmungen der Breitenvariation an Stationen unter sehr verschiedenen Breiten auch in der südlichen Hemisphäre, anderseits Untersuchungen über die Neigungen der Luftschichten gleicher Dichte, deren Einfluß schon früher bei den allgemeinen Refraktionstheorien u. a. von Gyldén und Radau erwähnt worden ist.

Über die Ursache der Breitenvariation bemerkt Dr. A. Caspar am Schlusse seiner Abhandlung über die Polhöhe der Sternwarte zu Heidelberg[2]) folgendes:

„Daß die Breitenvariation nicht allein durch äußere Einflüsse sondern hauptsächlich wohl durch Massenverschiebungen in und auf der Erde bedingt wird, ist schon verschiedentlich diskutiert worden.

Die Bewegungen von zur Erde gehörigen Massen kann man in säkulare und periodische trennen. Die säkularen Massenbewegungen werden wegen der verhältnismäßigen Geringfügigkeit der dabei in Betracht kommenden Massen einen kaum merklichen Einfluß auf die jährliche Breitenvariation ausüben. Sie werden zum größten Teile von dem allmählichen Ebenen der Erdoberfläche durch die Flüsse und durch die Handelstätigkeit des Menschen verursacht. Hinsichtlich der letztern will ich nur auf die Ausfuhr von Kohlen und Petroleum hinweisen, deren Verbrennungsprodukte sich dann nahezu gleichmäßig über die ganze Erdoberfläche ausbreiten werden, während die Ausfuhrländer hauptsächlich auf der nördlichen Halb-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3937. p. 9.
[2]) Bestimmung der Polhöhe der Sternwarte zu Heidelberg. Hamburg 1903.

kugel liegen. Zu den säkularen Massenbewegungen könnte man allenfalls noch die Staubfälle, verursacht durch vulkanische Eruptionen oder durch Sturmwinde, rechnen; doch sind die auf diese Art und Weise bewegten Massen sehr gering. Verf. selbst befand sich vor etwa sechs Jahren zwischen Kap Verde und den kanarischen Inseln sieben Tage lang in einem dichten Staubregen, so daß man nur etwa 100 *m* weit sehen konnte; dennoch betrug die Dicke der Staublage, die sich in den sieben Tagen gebildet hatte, nur wenig über 1 *mm*.

Periodische Massenbewegungen im Innern der Erde sind wegen der Unbeweglichkeit dieser Massen infolge des auf ihnen lastenden großen Druckes ziemlich unwahrscheinlich. Tatsächlich vorhanden sind solche periodische Massenbewegungen bei der Luft und besonders beim Wasser.

Schon bei mäßigen auflandigen Winden kann man an den Küsten ein Steigen, bei ablandigen Winden ein Fallen des Wasserstandes bemerken. Bei schweren Stürmen können die dadurch verursachten Meeresniveaudifferenzen beispielsweise an der Nordküste Deutschlands bis zu 4 *m* betragen. Es ist daraus ersichtlich, daß Winde, wie die Monsune und Passatwinde, die ausgedehnte Gebiete beherrschen und teilweise ganz bedeutende Geschwindigkeiten haben, imstande sind, große Wassermassen zu verschieben. Im allgemeinen haben, wie aus den Strom- und Windkarten zu erkennen ist, Meeres- und Windströmungen dieselben Richtungen. Nur wenn das aufgestaute Wasser keinen Abfluß findet, kann es vorkommen, daß eine Meeresströmung ihren Weg direkt gegen den Wind nimmt, dem sie ihr Entstehen zu verdanken hat. Man hätte also an den Strömungen ein Mittel, um Meeresniveaudifferenzen konstatieren zu können. Da aber untere Strömungen, deren Vorhandensein und Natur nur sehr ungenau zu bestimmen ist, die Wirkung der obern Strömungen abschwächen und sogar aufheben können, so wird man dieses Mittel nur für Wasserflächen in Anwendung bringen, deren Niveauänderungen man auf andere Art und Weise nicht bestimmen kann; also für große Meeresteile, innerhalb deren keine Inseln vorhanden sind. Allein zuverlässig sind nur solche Bestimmungen der jährlichen Niveauschwankungen der Ozeane, die durch direkte Wasserstandsmessungen gewonnen sind. Solche Bestimmungen werden aber auch eine Handhabe geben, um die Genauigkeit der durch Richtung der Oberströmungen gewonnenen Resultate zu prüfen.

Schließlich sind noch für die nördliche Halbkugel die sich im Winter aufhäufenden Schneemassen in Betracht zu ziehen."

Über die Reduktion der Schwerebeobachtungen auf das Meeresniveau hat Albert Prey eine Untersuchung ausgeführt.[1] Indem er

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. Nr. 1. p. 234.

sich die Unebenheiten der Erdoberfläche durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen dargestellt denkt, wird von ihm für die Schwerebeschleunigung eine Formel abgeleitet, welche den Einfluß aller sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten der Erde auf die Schwerereduktion berücksichtigt. Es ergibt sich, daß unter Vernachlässigung der von der zweiten Potenz der Meereshöhen abhängigen Glieder für die Reduktion der Schwere auf das Meeresniveau ohne Veränderung in der Lage der sichtbaren Massen eine der bekannten Young-Bouguerschen analoge Formel maßgebend ist, welche nur die Reduktion wegen der Meereshöhe und wegen der Plattenanziehung gibt.

Soll die Anziehung der sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten in Abzug gebracht werden, so genügt bei derselben Genauigkeit die Anwendung einer Entwicklung nach Kugelfunktionen bis einschließlich fünfter Ordnung. Die von den Kugelfunktionen höherer Ordnung herrührenden Glieder summieren sich zu der Anziehung einer horizontal begrenzten, unendlich ausgedehnten Platte, deren Dicke von jenem Teile der Höhe des angezogenen Punktes gebildet wird, welcher nicht der allgemeinen kontinentalen Erhebung angehört, d. h. durch obige Entwicklung nach Kugelfunktionen nicht mehr dargestellt wird.

Eine Untersuchung der Glieder mit der zweiten Potenz der Erhebungen über dem Meere zeigt die Konvergenz des Verfahrens für die Verhältnisse der Erde, wobei sich ergibt, daß diese Glieder mit der topographischen oder Geländereduktion identisch sind.

Die vom Verf. abgeleiteten Formeln sollen dazu dienen, den Einfluß der kontinentalen Massen auf die Schwere zu berechnen, und werden erlauben, die Frage genauer zu untersuchen, inwieweit die sichtbaren Kontinentalmassen durch sogenannte unterirdische Defekte kompensiert sind.

Eine Untersuchung der Oszillationen der Lotlinie auf dem Astrometrischen Institut der Sternwarte bei Heidelberg hat W. Schweydar ausgeführt. [1]) Vor mehr als zehn Jahren hat E. v. Rebeur-Paschwitz den Vorschlag gemacht, die Oszillationen der Lotlinie mittels zweier Horizontalpendel, die in ein und demselben Gehäuse in zwei zueinander senkrechten Ebenen aufgestellt sind, näher zu studieren. Diese Kombination mußte von vornherein aus manchen Gründen gegenüber dem einfachen Apparate von hoher Wichtigkeit erscheinen. In erster Linie ist durch sie die Möglichkeit geschaffen, die Veränderung der Amplitude der periodischen Bewegung des Zenitpunktes mit der azimutalen Richtung zu untersuchen und somit, wenn es sich um elastische Deformationen handelt, zu konstatieren, ob die Elastizität des Erdbodens vom Azimut abhängig ist. Ferner erhält man durch dieses zweifache System eine gewisse Kontrolle für die Realität

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 7. p. 33.

der Resultate. In der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung für jedes Pendel getrennt durchgeführt.

Über die Art und Weise der Aufstellung derselben ist das Original nachzusehen. Die Beobachtungen, d. h. die photographischen Registrierungen der Bewegung des Pendels begannen im Juni 1901 und wurden bis Ende Juli 1902 fortgesetzt.

Das Instrument war so aufgestellt, daß der Vertikalkreis des einen Pendels in die Südostrichtung, der zweite in die Nordostrichtung fiel. Das erstere wird immer kurz als Süd-, das letztere als Nordpendel bezeichnet werden. Zählt man die Azimute im astronomischen Sinne von Süden über Westen nach Norden, so ist das Azimut des Südpendels — 45° und das des Nordpendels — 135°.

In der registrierten Bewegung der Pendel fällt sofort eine Periodizität auf, bei der alles darauf hindeutet, daß sie der Sonnenwirkung zuzuschreiben ist. Schon der Anblick der Kurven zeigt, daß sich dieselben nicht auf einer zur Abszisse parallelen, sondern auf einer gegen diese mehr oder minder geneigten Linie abwickeln. Die gesamte Pendelbewegung ist demnach eine Superposition von periodischen Oszillationen und einem fortschreitenden Gange. Diese unperiodische Veränderung in der Stellung der Pendel nennt man den Nullpunktsgang. Daher hängt die Genauigkeit, mit der man die Sonnenwelle, wie überhaupt alle periodischen Bewegungen ableiten kann, von der Sicherheit ab, die der Elimination des Nullpunktsganges zugrunde liegt.

Der Verfasser findet, daß bei dem Südpendel das Maximum der nördlichen Ablenkung fast das ganze Jahr hindurch um 4 Uhr nachmittags eintritt; das der südlichen Stellung ist bezüglich des Zeitpunktes nicht so konstant; es schwankt zwischen 6 und 9 Uhr morgens. Das Nordpendel dagegen hat das Maximum der südlichen Ablenkung, abgesehen vom Monate Dezember, während des ganzen Jahres um die Mittagszeit; das der nördlichen findet, wenn man die unsichern Wintermonate ausnimmt, zwischen 4 und 8 Uhr morgens statt. Im Frühjahre, Sommer und Herbste entspricht bis auf eine Stunde dem nördlichen Maximum des Nordpendels das südliche Maximum des Südpendels; das Umgekehrte tritt nicht ein. Während nun der Verlauf der Südpendelbewegung sehr einfach ist und darin mit den Beobachtungen von v. Rebeur und Ehlert in Straßburg übereinstimmt, ist dies beim Nordpendel nicht der Fall. Dies ist darauf zurückzuführen, daß hier die höhern Glieder gegenüber der ganztägigen Periode sehr groß sind und in den Wintermonaten dieser sehr nahe kommen, ja sie teilweise übertreffen.

Im ganzen übertrifft die Bewegung des Südpendels die des Nordpendels, doch ist diese Erscheinung nicht etwa auf eine einseitige Erwärmung der Mauern des Gebäudes zurückzuführen, vielmehr muß man eine allgemeine Bodenausdehnung annehmen, wie schon v. Rebeur und Ehlert aus ihren Beobachtungen geschlossen haben. Nur

fragt sich, ob man es zu tun hat mit einem allgemein terrestrischen Phänomen, das verschiedene Orte nach bestimmten Gesetzen beeinflußt, oder mit einer über größere Gebiete sich erstreckenden Massenbewegung, deren Amplitude und Gesetzmäßigkeit ganz und gar von den Terrainverhältnissen abhängt.

Ehlert hat in seiner Abhandlung: „Das Horizontalpendel", die Annahme gemacht, daß unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen die Erde so deformiert wird, daß die der Sonne zugewandte Halbkugel in ein halbes Ellipsoid übergeht, dessen Scheitel auf der Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit der Sonne liegt, und sucht durch geometrische Betrachtungen das Phänomen zu erklären.

Schweydar zeigt aber, daß sich die ganztägige Periode in der Hauptsache nicht durch die Annahme einer allgemeinen Aufwölbung erklären läßt, sondern im vorliegenden Falle nur ein geringer Bruchteil der Amplitude hierin seine Ursache haben kann.

„Wir müssen daher", sagt er, „dieselbe in erster Linie als eine lokale Bewegung der großen Gebirgsmassen ansehen. Hierfür spricht schon der völlig parallele Gang der Amplitude mit der Temperaturoszillation; auch liegt das Maximum der ganzen Bewegung nicht im Frühjahre und Herbste, vielmehr fällt es in die wärmsten Monate."

Demnach registriert das Nordpendel die Bewegung der großen Massen in ihrer Längs-, das Südpendel in ihrer Querrichtung. „Denkt man sich das Gebirge aus lauter parallelen Schichten bestehend, so sind dieselben in ihrer Südostrichtung weit ausgedehnter als senkrecht zu diesem Azimut. Man kann daher wohl annehmen, daß die Komponente der Bewegung des Gebirges in der erstern Richtung kleiner sein wird als in der letztern, da die Massen im erstern Falle mehr zusammenhängen und daher schwerer zu bewegen sind. Hierzu kommt noch, daß der südliche Abhang mehr erwärmt wird als der nördliche, wodurch der ganze Gebirgszug in der Richtung ON' mehr gehoben wird als in seiner Längsrichtung.

Liegen also nur lokale Undulationen vor, so müssen die beobachteten Erscheinungen eintreten. Die Periode wird ganztägig sein."

Was die halbtägige Welle anbelangt, so tritt bei dieser eine halbjährige Periode der Amplitude mit Maximums im September und März deutlich hervor, und alles deutet bei ihr auf eine andere Entstehungsursache. Schweydar glaubt, daß sie ihre Erklärung in der oben erwähnten Aufwölbung findet. Was die drittel- und vierteltägige Periode anlangt, so kann man dieselben nicht als ein Rechnungsresultat ansehen. Für ihre physikalische Realität spricht besonders beim Nordpendel der Gang in den Amplituden, der den entsprechenden Größen der ganztägigen Welle parallel geht. Dieser Parallelismus läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß diese Wellen lokaler Natur sind.

Der Gang in den Phasen läßt sich in der Weise erklären, daß bei geringer Zufuhr von Wärme und somit kleiner Amplitude die Ver-

spätung der Bewegung in den tiefern Schichten des Erdbodens größer wird. Die direkte Anziehung der Sonne erzeugt ebenfalls eine ganz- und halbtägige Periode in der Lotbewegung; doch sind diese zu klein, um einen Beitrag zur Erklärung der beobachteten Werte zu liefern.

Was den Einfluß des Mondes anbelangt, so stellt Verf. zunächst den theoretischen Ausdruck für diese Art von Lotstörung fest. Die Behandlung der Beobachtungen ergibt dann, daß ebenso wie bei der Sonnenwelle die Oszillationen des Nordpendels sich komplizierter gestalten als die des andern. Überraschend ist auch eine dabei auftretende ganztägige Periode, die sich aus der Theorie der Mondattraktion nicht erklären läßt. „Es muß also auch hier die lokale Massenverteilung maßgebend sein; dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn es sich um elastische Deformationen handelt. Wir müssen daher diese Periode dem Installationseinflusse oder elastischen Reaktionen, die durch die Deformation der halbtägigen Welle erzeugt werden, zuschreiben. Sie hat daher vom allgemeinen Standpunkte weniger Interesse.“ Die halbtägige Welle setzt sich aus zwei einander entgegengesetzten Wirkungen zusammen: aus der Anziehung des Mondes und der durch diese hervorgerufenen elastischen Deformation des Bodens. Auch bei der halbtägigen Welle zeigt es sich, daß die elastische Bewegung in der Richtung der Südpendelkomponente größer ist als in der der Nordpendelkomponente.

Sowohl die ganztägige wie halbtägige Welle beweisen, daß der Erdboden in der Richtung des Gebirgszuges weniger elastisch ist als in der hierzu senkrechten Richtung. Wäre dies nicht der Fall, so müßten die Amplituden bei beiden Pendeln gleich sein, wie uns die theoretischen Ausdrücke lehren. Hiermit stimmt auch die Tatsache gut überein, daß in der erstern Richtung die Verfrühung kleiner ist; eine Deformationswelle von geringerer Amplitude wird sich auch langsamer fortpflanzen.

Während bei dem Einflusse der Sonne die Amplitude der halbtägigen Welle in Heidelberg die in Straßburg bedeutend überwiegt, sind beide hier nahezu gleich. Man kann hieraus schließen, daß der Elastizitätskoeffizient des großen Gebietes, das Baden und Elsaß-Lothringen umfaßt, nahezu derselbe ist; der thermische Ausdehnungskoeffizient hat dagegen in Heidelberg einen viel größern Wert.

Verf. behandelt nun den Einfluß der Rotation der elastischen Erde. „Nimmt man“, sagt er, „an, daß der Schwerpunkt der Erde nicht mit ihrem Mittelpunkte zusammenfällt, so müssen, wenn die Erde Elastizität besitzt, unter dem Einflusse der Zentrifugalkraft Oszillationen der Lotlinie entstehen. Da die Periode der Rotation der Erde ein Sterntag ist, so werden auch die Perioden jener Oszillationen aliquote Teile derselben Zeiteinheit sein.“

Es ergibt sich, daß ein beträchtlicher Teil der beobachteten Amplituden auf elastische Wirkungen der Drehung der Erde zurückzuführen ist. Man könnte die Größe dieses Einflusses berechnen,

wenn es möglich wäre, aus dem Werte der Mondanziehung die Amplitude und Verspätung der elastischen Deformation zu finden.

Wahrscheinlich ist, daß durch die Zentrifugalkraft der Rotation elastische Bodenbewegungen hervorgerufen werden, deren Wert 0.004″ nicht übersteigt.

Schließlich bemerkt Verf.: „Das Charakteristische an allen den periodischen Bewegungen der Lotlinie, die wir untersucht haben, ist, daß dieselben in der Richtung der Gebirgsmassen weit komplizierter sind als in der senkrechten Richtung. Während die Ordinaten der Oszillationen des Südpendels sich mit Hilfe von zwei Perioden meist gut darstellen lassen oder, wie bei der Sonnenwelle, nur sehr kleine Glieder höherer Ordnung enthalten, sind beim Nordpendel drittel- und vierteltägige Perioden zur Darstellung der Beobachtungen erforderlich. Ferner konnten wir stets konstatieren, daß die elastischen Schwankungen das Nordpendel oft bedeutend weniger beeinflußten als das Südpendel. Der Erklärungsgrund, den wir bei der Diskussion der täglichen Periode der Sonnenwelle angegeben haben, gewinnt daher an Wahrscheinlichkeit.

Wenn wir auch in jedem Falle, abgesehen von der Sonnenperiode, nicht feststellen konnten, ob die kurzperiodischen Glieder Rechnungsresultate darstellen, oder ob sie ihre physikalische Berechtigung besitzen, so scheint es doch wahrscheinlich, daß ihre Existenz reell und die Entstehungsursache in den örtlichen Verhältnissen der Pendelstation zu suchen ist. Dieselben sind stets beim Nordpendel ausgeprägt vorhanden und übertreffen in allen Fällen an Größe die entsprechende Südpendelbewegung. Es sei auch darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Erscheinung der mikroseismischen Unruhe die Bewegung mit sehr kurzer Periode mehr hervortritt in der Nordpendel- als in der Südpendelkurve, während die längern Wellen das umgekehrte Verhalten zeigen.

Vielleicht darf man diese Wellen mit den zusammengesetzten Tiden der Gezeiten vergleichen. Wenn in einem Kanale mehrere Tiden gleichzeitig existieren, und das Verhältnis der Einzeltide zur Tiefe groß wird, so ist das Gesetz der Superposition der Wellen gestört, und es entstehen neue Wellen, die von der Summe und Differenz der Argumente der Einzeltiden abhängen. Die Höhe dieser „Compound tides“ wird daher ganz und gar durch die Küstenverhältnisse bestimmt.

In der Richtung des Gebirgszuges werden ankommende elastische Wellen auf großen Widerstand treffen und weniger tief eindringen können. Berücksichtigt man noch, daß hierbei größere Reflexerscheinungen eintreten müssen, so ist leicht anzunehmen, daß ähnlich wie bei Gezeiten das Gesetz der Superposition seine Gültigkeit verliert, und die rechnerische Analyse der ganzen Bewegung die kurzen Perioden liefert.“

Bestimmungen der relativen Schwere im östlichen Sizilien, auf den äolischen Inseln und in Kalabrien hat A. Ricco ausgeführt,[1] und zwar nach der Sterneckschen Methode . Im ganzen wurden diese Pendelmessungen an 43 Stationen durchgeführt, und ihre Untersuchung ergab folgendes: Die Anomalien sind sämtlich positiv. Die größten Anomalien finden sich in Stromboli und in Augusta, in der Nähe großer Meerestiefen. Die kleinste Anomalie trifft man auf dem Observatorium des Ätna (2943 *m* Seehöhe) nahe dem Gipfel des Berges. Ein anderes sekundäres und unerwartetes Minimum zeigt sich in der Nähe der Ostküste vom jenseitigen Kalabrien; ein anderes auf den Nebrodibergen, ein weiteres schwaches nahe dem Monte Lauro. Der größte Gradient oder Wechsel der Anomalien findet sich vom Gipfel des Ätna zum Ufer des Jonischen Meeres, etwa 140 auf 20 *km*, wo übrigens auch der topographische Gradient, d. h. der Niveauunterschied sehr groß ist, nämlich 2000 *m* vom Gipfel des Ätna bis zum Ufer des Meeres in 20 *km*, und 6000 *m* vom Gipfel des Ätna bis zur Tiefe von 3000 *m* im Jonischen Meere in nur 25 *km* Abstand von der Meeresküste, d. i. auf 75 *km* vom Ätnagipfel, also ein mittleres Gefälle von 13%. Große Unregelmäßigkeiten im Gange der Isanomalien sind vorhanden in der Gegend zwischen Catania, dem Ätna und Taormina und besonders in Giarre, wo die Schwere im Verhältnisse zu den benachbarten Orten stark und plötzlich abnimmt; aber man kennt die großen orographischen, geologischen und tektonischen Besonderheiten jener Gegend; und Giarre liegt am Ausgange des Valle del Bove, d. h. in der Verlängerung des enormen Risses des Ätna; daher ist es sehr natürlich, daß hier die bedeutendsten Unregelmäßigkeiten der Schwere vorkommen.

Eine andere Eigentümlichkeit im Gange der Isanomalien wurde in der basaltischen Gegend der erloschenen Vulkane von Val di Noto nachgewiesen.

Durch Anschluß der erhaltenen isanomalen Linien an die sechs Stationen Venturis ergibt sich folgendes: 1. Die Isanomale 180 geht von Stromboli nach dem Norden von Ustica über tiefes Meer fort. 2. Die Isanomale 120 geht durch die Spitze der Pharusmeerenge, von da durch die Ägatischen Inseln, dann bei Pantelleria vorbei und wendet sich nach Sizilien im Süden vom Ätna, über wenig tiefe Meere hinlaufend. 3. Die Isanomale 140 erstreckt sich vom Basaltmassiv des Monte Lauro nach Malta über wenig tiefes Meer. 4. Im Innern von Sizilien hat man ein Minimum.

Verlängert man endlich die Schwereisanomalien, so daß man sie möglichst mit denen verbindet, welche die österreichische Marine für Süditalien gefunden, so erhält man folgende Resultate: 1. Die Anomalien sind noch sämtlich positiv bis nahe bei Campobasso, wo die Schwere normal ist. 2. Die isanomalen Linien laufen parallel dem

[1]) Il nuovo Cimento (5) **6**. p. 297. — Naturw. Rundschau **19**. p. 337.

Jonischen und dem Tyrrhenischen Meere. 3. Von beiden Meeren, dem Tyrrhenischen und Jonischen, wo sie über 180 erreichen, nehmen die Isanomalien ab nach den Mont i Erei, Nobrodi und Peloritani auf Sizilien, nach dem Gebirge La Sila und den Kämmen der Apenninen; und auf diesen Gipfeln hat die Schwereanomalie den kleinsten Wert. Dies trifft nicht zu für Aspromonte. 4. Im Adriatischen Meere sind die Anomalien kleiner als im Tyrrhenischen und Jonischen; oberhalb des Vorgebirges des Monte Gargano sind sie nicht größer als 100; dies entspricht der kleinern Tiefe der Adria an jenem Orte; hingegen wächst nach Osten vom Vorgebirge nach den größern Tiefen des Meeres zu die Anomalie über 140 hinaus.

Aus der vorstehenden Diskussion der Schwereanomalien in Süditalien und den angrenzenden Inseln kann man schließen, daß die Anomalie Null oder fast Null ist im Innern der Länder, auf den Gipfeln der Berge; sie nimmt zu nach den Meeresküsten und auf den benachbarten Meeren, besonders wenn diese tief sind.

Um eine bestimmte Vorstellung zu geben von dem Massenüberschuß, welcher den Schwereanomalien entspricht, wird daran erinnert, daß nach Helmert jede Einheit der fünften Dezimale der Anomalie einer Dicke der störenden Schicht (der Dichte 2.5) von 10 *m* entspricht, die man sich im Meeresniveau kondensiert denkt. Die größern, von Ricco an den Küsten Süditaliens und auf den anliegenden Inseln beobachteten Anomalien deuten also auf einen Massenüberschuß hin, der einer Schicht von der Mächtigkeit 1.5 *km* und mehr entspricht.

Diese Ergebnisse bestätigen die Tatsache, daß über dem Meere keine Schweredefekte vorhanden sind, also unter dem Meeresgrunde ein Massenüberschuß existiert, der den Defekt, den das Wasser durch sein geringeres Gewicht hervorruft, ausgleicht.

Beim Ätna nimmt die Anomalie ringsherum schnell ab und wird auf dem Gipfel fast Null; aber auch auf nichtvulkanischen Bergen der Apenninen hat man eine ähnliche Abnahme der Anomalie, wenn auch eine weniger schnelle, vom Meere zu den Hauptgipfeln in einer dem Ätna vergleichbaren Höhe. Daher verhält sich dieser Vulkan bezüglich der Schwere wie ein beliebiger Berg. Noch könnte die stärkere Abnahme der Schwereintensität von der besondern vulkanischen Struktur abhängen, d. h. von der Anwesenheit von leeren Räumen, die für den Mechanismus der Eruptionen notwendig sind. Bei den andern tätigen Vulkanen Pantelleria, Vulcano und Stromboli, bemerkt man keine stärkere Eigentümlichkeit im Gange der isanomalen Linien; und dasselbe findet beim Vesuv, wenigstens in Neapel und in Castellamare di Stabia statt, wo Schwerebestimmungen gemacht sind. Dasselbe ergibt sich auch für die erloschenen Vulkane des Monte Lauro und Ustica und von dem basaltischen Gebiete von Noto und Pachino. Indessen sind die Bestimmungen der Schwere nicht am Fuße und in der Nähe des Gipfels der Vulkane ausgeführt,

sondern gewöhnlich wurde nur eine Bestimmung gemacht; daher bleibt zweifelhaft, ob auf ihnen eine Abnahme der Anomalie der Schwere stattfindet, ähnlich und proportional der auf dem Ätna angetroffenen. Ferner ergibt sich, daß eine starke Abnahme der positiven Anomalie der Schwere stattfindet von den Inseln des Golfes von Neapel nach Neapel selbst und noch weiter nördlich vom Vesuv, auf vulkanischem Boden. Besondere Untersuchungen werden nötig sein, um zu erfahren, ob wirklich auf allen Vulkanen eine schnelle Abnahme der Schwere stattfindet, wie sie auf dem Ätna beobachtet worden ist.

Der Längenunterschied zwischen Potsdam und Greenwich ist durch das Kgl. Preuß. Geodätische Institut unter Leitung von Prof. Albrecht jetzt mit einem hohen Grade von Genauigkeit festgestellt worden.[1]) Dadurch ist Greenwich als Ausgangspunkt der geographischen Länge erst definitiv mit der Hauptlängenstation des westlichen Kontinentes verbunden, da die Längenunterschiede von Greenwich und Paris und ebenso der früher von Greenwich aus bestimmte Längenunterschied Greenwich—Potsdam nicht denjenigen Grad von Genauigkeit besitzen, der heute verlangt werden muß.

Unter Berücksichtigung und Ausschaltung aller überhaupt möglichen Fehlerquellen ist als Endresultat der Längenbestimmung Potsdam—Greenwich der Wert anzusehen:

Transit Circle der Sternwarte in Greenwich westlich vom östlichen Meridianhause des Geodätischen Institutes in Potsdam:

$$52^{m}\ 16.001^{s}$$

mittlerer Fehler: $\pm 0.005^{s}$ 24 Abende.
wahrschl. „ ± 0.003

Dieses Resultat ergibt, verglichen mit dem Ergebnisse der im Jahre 1895 von englischer Seite ausgeführten Längenbestimmung Greenwich—Potsdam, eine Verbesserung jenes Wertes von:

$$+ 0.098^{s}.$$

Da ferner der Längenunterschied Potsdam—Berlin im Jahr 1891 durch zwei unabhängige Längenbestimmungen des Geodätischen Institutes zu:

$$1^{m}\ 18.721^{s}$$

ermittelt worden war, entspricht der obige Wert einem Längenunterschiede Berlin—Greenwich von:

$$53^{m}\ 34.772^{s}.$$

Die im Jahre 1876 ausgeführte Längenbestimmung Berlin—Greenwich würde hiernach um -0.127^{s} zu korrigieren sein, und es läge somit nahezu eine Kompensation der für die Längenbestimmungen in den Jahren 1876 und 1895 abgeleiteten Verbesserungen vor.

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. der Wiss. 1904. p. 295.

Verbindet man den obigen Längenunterschied Berlin—Greenwich mit dem Endresultate der im Jahre 1877 vom Geodätischen Institute ausgeführten Längenbestimmung Berlin—Paris:

$$44^m\ 13.860^s,$$

so würde sich für den Längenunterschied zwischen Paris und Greenwich der Wert $9^m\ 20.912^s$ ergeben, welcher sich auf $9^m\ 20.882^s$ reduziert, wenn man an Stelle des direkt beobachteten Längenunterschiedes Berlin—Paris den Betrag $44^m\ 13.890^s$ einführt, welcher aus der Ausgleichung des europäischen Längennetzes von Prof. van de Sande Bakhuyzen entnommen werden kann.

Dieser Wert ist in befriedigender Übereinstimmung mit dem Werte:

$$9^m\ 20.887^s,$$

welchen man erhält, wenn man die beiden niederländischen Bestimmungen: Leiden—Greenwich = $17^m\ 56.100^s$ und Leiden—Paris = $18^m\ 35.213^s$ miteinander kombiniert.

Daß dem oben abgeleiteten Resultate für den Längenunterschied Potsdam—Greenwich in der Tat ein hoher Grad der Zuverlässigkeit innewohnt, kann außer den einzelnen Ergebnissen auch aus der guten Übereinstimmung der Resultate der im Jahre 1902 sowohl von deutscher, als auch von russischer Seite ausgeführten Längenbestimmung Potsdam—Pulkowa gefolgert werden. Diese Längenbestimmungen wurden streng nach dem Verfahren des Geodätischen Institutes, zwar nahezu gleichzeitig, im übrigen aber völlig unabhängig voneinander ausgeführt. Sie haben trotz der Schwierigkeiten des Signalwechsels auf der 1696 *km* langen und recht unvollkommen isolierten Leitung eine Übereinstimmung der beiderseitigen Resultate innerhalb der Grenze von 0.011^s ergeben; man wird daher auch in dem Resultate der Längenbestimmung Potsdam—Greenwich die Hundertstelsekunde als nahezu verbürgt ansehen können.

Längenbestimmung im Großen Ozeane. Die nordamerikanische Vermessungsbehörde (U. S. Coast and Geodetic Survey) hat mit allen Mitteln der modernen Präzisionsmessung den Unterschied der geographischen Längen zwischen San Franzisko und Honolulu auf telegraphischem Wege ermittelt und dabei das Resultat gefunden, daß Honolulu $10^h\ 31^m\ 27.2^s$ westlich von Greenwich ($11^h\ 25^m\ 2.1^s$ westlich von Berlin) liegt. Damit ist die genaue Bestimmung der geographischen Koordinaten für die Hauptstadt jenes hawaiischen Inselreiches als abgeschlossen zu betrachten, da die geographische Breite von Honolulu durch die Arbeiten der vor 13 Jahren dorthin entsandten vereinigten Expedition der Internationalen Erdmessung und der Nordamerikanischen Vermessung (unter A. Marcuse und E. Preston) mit größter Schärfe ermittelt wurde. Von besonderm Interesse für die Erkenntnis der

methodischen und instrumentellen Fortschritte bei der astronomisch-geographischen Orientierung dürfte ein Vergleich der modernen, oben erwähnten nunmehr abgeschlossenen genauen Ortsbestimmung für die Hawaiischen Inseln mit den ältern Bestimmungen dieser Art sein. Danach verlegten spanische Karten aus der Mitte des 18. Jahrhunderts jene Inseln im Stillen Ozeane noch um 17° zu weit nach Osten, allerdings nicht auf Grund von Messungen, da schon Kolumbus im 15. Jahrhunderte eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}$° bei seinen Ortsbestimmungen erzielte. Der große Weltumsegler Cook verstand es, die Küstenpunkte Hawaiis am Ende des 18. Jahrhunderts bis auf $^1/_6$° genau zu orientieren, und der französische Entdeckungsreisende Freycinet erzielte zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Ortsbestimmung auf den Hawaiischen Inseln bis auf $\frac{1}{4}$ Bogenminute oder $^1/_{240}$°. Der englische Marinekapitän Tupmann bestimmte bei Gelegenheit der vorletzten Venusexpedition die Länge innerhalb weniger Zehntel der Zeitsekunde sicher. Die moderne astronomische Ortsbestimmung endlich liefert aus einer größern Reihe von Beobachtungen die geographische Breite eines Ortes am Lande innerhalb weniger Hundertstel Bogensekunden und die geographische Länge bis auf wenige Hundertstel der Zeitsekunde genau. Diesen Genauigkeitszahlen in Winkelmaß entsprechen auf der Erdoberfläche für mittlere Breitenzonen gerechnet die folgenden Linearwerte: Genauigkeit der Orientierung in Breite etwa 1.2 *m*, in Länge ungefähr 12 *m*.

Die französische Gradmessung in Ecuador. Über den Fortgang der französischen Gradmessung in Ecuador während des Jahres 1903 hat Poincaré der Pariser Akademie der Wissenschaften einen Bericht erstattet. Danach umfaßt das Arbeitsprogramm jenes Jahres die Beendigung der Beobachtungen im Norden, die geodätische Vermessung auf dem Stücke Riobamba-Cuenca, astronomische Ortsbestimmungen in Cuenca, magnetische Beobachtungen und den Beginn des Nivellements. Verschiedene Hindernisse stellten sich aber der vollständigen Ausführung dieses Programmes entgegen. So waren die Witterungsverhältnisse im Norden ebenso ungünstig wie im Jahre 1902, und so wurde man dort an drei Stationen 80 Tage aufgehalten. Ebenso wurden auch wieder vielfach die Signale von den ungebildeten Bewohnern zerstört, obwohl die ecuatorische Regierung sich alle Mühe gab, dem Unfuge zu steuern. Doch wurde hier die Arbeit im Februar d. J. vollendet. Eine vorläufige Berechnung, die jetzt wohl im großen und ganzen endgültig sein dürfte, ergab durch Verbindung der Basis von Riobamba mit der von Tulcan 6604.83 *m* für die nördliche, während die Messung selbst 6604.77 *m* als Resultat geliefert hatte. Der Grad der Zuverlässigkeit wird als hoch bezeichnet. Im Süden wurden in Cuenca Breitenbestimmungen begonnen, auch war man dabei beschäftigt, die Längendifferenz zwischen dieser Station und Quito zu ermitteln. Das ursprüngliche Triangulations-

netz mußte nach Westen verschoben werden. Die Gradmessung über sechs Breitengrade sollte nämlich auch etwas nach Columbia übergreifen. Da aber dort Unruhen herrschten, so hielt man es für nützlicher, südlich bis nach dem westlicher liegenden Payta zu gehen, um die erwähnte Länge herauszubekommen. Hier, in der westlichen Bergkette, ist übrigens das Klima trockener und darum günstiger. Die Nivellements sind auf der nordsüdlichen Sektion zwischen Riobamba und Alausi mit bestem Erfolge ausgeführt worden, und es bleibt noch die ostwestliche Sektion zwischen Alausi und Guayaquil übrig, die wohl Schwierigkeiten machen wird. Die Pendelbeobachtungen sind nicht erheblich gefördert worden, doch hat sich ein interessantes Resultat ergeben, nämlich der Nachweis, daß die Bouguersche Formel für die Anden zutrifft, während sie für die Alpen und den Himalaya nicht anwendbar ist. Es liegt das an tektonischen Verschiedenheiten. Mit Ablauf dieses Jahres sollen die Gradmessungsarbeiten abgeschlossen werden.

Ausgleichung des zentraleuropäischen Längennetzes. Prof. Th. Albrecht hat eine neue und zunächst als definitiv anzunehmende Ausgleichung der geographischen Längen innerhalb des mitteleuropäischen geodätischen Netzes vorgenommen,[1]) und zwar auf Grundlage aller neuern Bestimmungen, bezüglich deren eine genügende Anzahl zuverlässiger Kontrollen vorliegt. Diese Bedingung war erfüllt für das Gebiet, welches zwischen den Stationen Greenwich, Madrid, Rom, Odessa, Moskau, Pulkowa und Stockholm gelegen ist. Aber auch innerhalb dieses Gebietes erwies es sich als notwendig, eine sorgfältige Auswahl des vorhandenen Beobachtungsmateriales vorzunehmen und gleichwie beiden frühern Ausgleichungen alle diejenigen Längenbestimmungen auszuschließen, gegen deren Resultate Bedenken gewichtiger Art vorlagen. Im ganzen lagen 176 Längenbestimmungen zwischen 79 Stationspunkten vor, von denen 149 zwischen 56 Stationspunkten auf das Größennetz entfallen. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der Ausgleichung. Sämtliche Längen sind vom Meridian des Passageninstrumentes zu Greenwich aus gezählt. Hinzugefügt sind einige Angaben in betreff weiterer in der Nähe gelegener astronomischer Hauptpunkte, insoweit solche durch strenge geodätische Übertragung mit den Netzpunkten in Verbindung gebracht werden konnten.

	m	s
Algier, Colonne Voirol	12	11.303
Algier, Sternwarte	12	8.375
Altona, Meridiankreis	39	46.186
Bamberg, Pfeiler im Meridiansaale	43	33.570
Bergen, Sternwarte, Passageninstrument	21	12.721
Berlin, Zentrum der Sternwarte	53	34.795

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3993, 94.

	m	s
Biarritz, Neuer Leuchtturm	—6	13.494
Bologna, Zentrum der Sternwarte	45	24.478
Bonn, Zentrum der Sternwarte	28	23.174
Bregenz, Trig. Punkt Pfänder	39	6.244
Breslau, Zentrum der Sternwarte	68	8.716
Brest, Tour Saint Louis	—17	57.582
Brocken, Trig. Punkt	42	28.386
Brüssel, Alte Sternwarte, Passageninstrument	17	28.709
Bukarest, Observ. des Mil.-Geogr.-Inst.	104	27.003
Desierto, Trig. Punkt	0	8.107
Dorpat, Meridiankreis	106	53.222
Dresden, Math. Salon, Passageninstrument	54	55.826
Florenz-Arcetri, Zentrum der Sternwarte	45	1.298
Florenz, Mil.-Geogr.-Inst., Observatorium	45	2.515
Genf, Meridiankreis	24	36.610
Genua, Meridiankreis	35	41.278
Göteborg, Trig. Punkt	47	51.334
Göttingen, Meridiankreis	39	46.215
Goldaperberg, Trig. Punkt	89	10.138
Gotha, Zentrum der Sternwarte	42	50.440
Greenwich, Transit Circle	0	0.000
Großenhain, Basiszwischenpunkt	54	13.032
Hamburg, Sternwarte, Meridiankreis	39	53.60
Hamburg-Bergedorf, Meridiankreis	40	57.74
Helgoland, Trig. Punkt	31	31.775
Helsingfors, Meridiankreis	99	49.097
Kiel, Alter Meridiankreis	40	35.565
Kiel, Neuer Meridiankreis	40	35.449
Kiew, Meridiankreis	122	0.564
Knivsberg, Trig. Punkt	37	46.424
Königsberg, Reps. Merid.-Kreis, bis 1898	81	58.969
Königsberg, Reps. Merid.-Kreis, nach 1898	81	58.974
Kopenhagen, Zentrum der Sternwarte	50	18.689
Kowel, Kathedrale	98	46.979
Krakau, Meridiankreis	79	50.272
Kremsmünster, Meridiankreis	56	31.577
Kristiania, Meridiankreis	42	53.504
Laaerberg, Trig. Punkt	65	36.153
Leiden, Meridiankreis	17	56.149
Leipzig, Zentrum der Sternwarte	49	33.925
Livorno, Asta band. dell' Accad. Navale	41	13.554
Lund, Zentrum der Sternwarte	52	44.965
Madrid, Zentrum der Sternwarte	—14	45.090
Mailand, Großer Turm der Sternwarte	36	45.883
Mannheim, Trig. Punkt der Sternwarte	33	50.400
Mannheim, Zentrum der Sternwarte	33	50.412
Marseille, Meridiankreis	21	34.554
Memel, Besselscher Punkt am Leuchtturme	84	23.174
Moskau, Meridiankreis	150	17.026
München, Trig. Punkt der Sternwarte zugleich westl. Kuppel	46	26.015
Nieuport, Tour des Templiers	11	1.757
Nizza, Kleiner Meridiankreis	29	12.150
Odessa, Univ.-Sternwarte, Meridiankreis	123	2.040
Odessa, Filiale Pulkowa, Passageninstrument	123	2.185
Padua, Quadrante murale	47	29.148
Paris, Meridien de Cassini	9	20.932

	m	s
Paris, Montsouris, westl. Meridiansaal	9	20.694
Parma, Astron. Turm der Sternwarte	41	18.785
Perpignan, Trig. Punkt Rivesaltes	11	28.415
Potsdam, Östl. Merid.-Haus d. Geod. Inst.	52	16.062
Potsdam, Astr.-Geod. Turm d. Geod. Inst.	52	16.115
Potsdam, Zentrum des Astr.-Phys. Obs.	52	15.859
Prag, Trig. Punkt Dablitz	57	51.805
Prag, Turm der Sternwarte	57	40.28
Pulkowa, Zentrum der Sternwarte	121	18.570
Rauenberg, Trig. Punkt	53	28.402
Riga, Turm der polytechnischen Schule	96	28.103
Rom-Campidoglio, Meridiankreis	49	56.335
Rom, Collegio Romano, Meridiankreis.........	49	55.36
Rom, Specola Vaticana, Meridiankreis.........	49	49.28
Rosenthal, Astron. Pfeiler	68	8.751
Rugard, Trig. Punkt	53	47.169
Schneekoppe, Trig. Punkt....................	62	57.896
Schönsee, Trig. Punkt	75	35.526
Springberg, Trig. Punkt	66	27.948
Stockholm, Meridiankreis	72	13.972
Straßburg, Pfeiler in der Zitadelle.............	31	4.533
Straßburg, Meridiankreis	31	4.523
Swinemünde, Zeitball	57	3.779
Trockenberg, Trig. Punkt	75	30.373
Turin, Meridiankreis	30	47.147
Ubagsberg, Trig. Punkt	23	48.473
Upsala, Passageninstrument	70	30.123
Warschau, Zentrum der Sternwarte	84	7.245
Wien, Zentrum der Sternwarte	65	21.353
Wien, Ottakring, Sternwarte	65	10.96
Wien, Mil.-Geogr. Inst., Sternwarte	65	26.24
Wien, Technische Hochschule, Sternwarte	65	29.70
Wilhelmshaven, Meridiankreis	32	35.060
Wilna, Passageninstrument	101	8.754

Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit ergibt sich aus der Ausgleichung zu ± 0.070^s, so daß also der mittlere Fehler einer vollständigen, guten neuern Längenbestimmung, mit Ausgleich der Stromstärken und unter Anwendung der Methode des Registrierens mittels Handtasters ausgeführt, auf ± 0.040^s zu veranschlagen ist.

Oberflächengestaltung.

Bau und Bild der böhmischen Masse. Franz E. Sueß gab eine geophysikalische und geologische Darstellung dieser höchst merkwürdigen Erdlandschaft[1]), deren Grenzen sich keineswegs mit den politischen Grenzen decken. Nach Osten umfaßt sie bedeutende Teile von Mähren, nach Süden greift sie mehrfach über die Donau hinüber, und nach Westen und Norden gehören ihr der bayerische Wald, das Fichtelgebirge und der Thüringer Wald, alle Ausläufer

[1]) Bau und Bild Österr. I. Tl. Wien 1903. Naturwiss. Rundschau 1904. No. 7 u. 8, woraus oben der Text.

des Erzgebirges, die Lausitz und die Sudeten an bis zu deren Berührungspunkten mit dem karpathischen Außenrande zwischen Weißkirchen und Prerau. Die beiden Hauptbruchlinien des Gebietes sind die von Tietze als Boskowitzer Furche bezeichnete und weiterhin als Elbbruch und Lausitzer Verwerfung bekannte, SO gegen NW verlaufende Scheidelinie, die die Sudeten, die Heuscheuer, das Eulen- und Altvatergebirge vom böhmischen Hochlande scheidet, und der von der hohen Lausche über Tetschen bis gegen Falkenau reichende, NO bis SW streichende Erzgebirgsbruch, der als deutlicher Steilabfall das Erzgebirge von den vorliegenden, tertiären Bildungen abtrennt. Im Süden beider Linien gehört der größte Teil der böhmischen Masse einem uralten Hochlande zu, das von Mähren bis Bayern reicht, südlich sich bis über die Donau und nördlich bis gegen Kuttenberg und Kolin ausdehnt. Seine südwestlichste Bodenschwelle bildet den Böhmerwald. Im NW schließt sich an dieses Gebiet von Klattau und Pisek bis Schwarz-Kosteletz der sogenannte mittelböhmische Granitstock, der in einer scharfen, NO streichenden Linie nach N zu abbricht, gegen das Gebiet der vorcambrischen Schiefer des westlichen Böhmens. Gegen NO ist der Rand nicht so scharf markiert, hier ziehen sich die alten Geteine mit dem Sporn des Eisengebirges unter die Kreideablagerungen des Elbtales. Nördlich schließen sich an dieses ganze, große, archäische Gebiet jüngere Sedimente an, die sich dem variscischen Bogen einfügen, jenem in der Geologie bekannten, einen großen Teil Mitteleuropas umfassenden, bogenförmigen Aufbau. Seinen westlichen Anteil bildet die grabenförmig versenkte Zone vorcambrischer und paläozoischer Ablagerungen zwischen Klattau und Prag, die transgredierenden Schollen von Karbon und Rotliegendem von Pilsen bis Schlan und Rakonitz und die tertiären Braunkohlenbecken mit den sie begleitenden Eruptivgesteinen, der Duppauer Basaltmasse und dem vulkanischen Mittelgebirge, endlich das Fichtelgebirge und das Erzgebirge nebst ihren Vorbergen im nordöstlichen Bayern und Sachsen. Sein Ostflügel dagegen umfaßt die cambrischen und altpaläozoischen Sedimente des Eisengebirges und seiner Vorberge, die Kreidemulde des Elbtales und die Sudeten und ihre anschließenden Gebirgszüge. Die Hauptfaltung erfolgte in diesem dem variscischen Systeme angehörenden Bogenteil vor Schluß des Karbons, die jüngsten Bildungen dieser Periode liegen, bereits diskordant übergreifend, schwebend oder wenig geneigt diesen ältern Schichten auf. Diese gesamten jüngern Sedimente faßt Verf. unter dem Namen der postvariscischen Decke zusammen. Sie umfaßt, obwohl vielerorts nicht alle Gesteinschichten vertreten sind, das Oberkarbon, das Rotliegende, den Jura (ganz spärlich erhalten) und Bildungen der mittlern und obern Kreide. Nur die Kreidesedimente sind mariner Entstehung, und hierin erkennen wir eine der bezeichnendsten Eigentümlichkeiten der böhmischen Masse, nämlich die Lückenhaftigkeit der Reihe der Meeresablagerungen. Zwischen den

marinen Bildungen des Cambriums, des Silurs und des Devons und denen der Kreide liegt eine lange Zwischenperiode, in der das Gebiet Festland war.

Gegen die benachbarten Gebiete hin taucht die böhmische Masse teils unter die miozäne Decke, teils bricht sie in tektonischen Linien gegen sie ab. Der ganze Westrand gehört einem nordwestlich gerichteten Systeme von Störungen an, das die große mesozoische Tafel des südlichen Deutschland zum Niedersinken brachte; im östlichen Thüringen bildet die Transgressionslinie von Zechstein und Trias die Grenze; in Sachsen verschwinden die variscischen Falten allmählich unter der Ebene, und auch im schlesisch-galizischen Kohlenrevier ist die Grenze keine tektonische. Ebensowenig ist dieses der Fall im SO von der Landecke bei Mährisch-Ostrau bis gegen St. Pölten. Im Süden taucht das Massiv unter das Miozän bis in die Gegend von Passau, erst von hier bis Regensburg bildet der Donaulauf eine tektonische Grenzlinie. Nicht das Streichen der variscischen Faltenzüge bestimmt also Umriß des Massives und Anordnung des Flußnetzes, sondern das bewirkten erst die jungen Brüche (Elbbruch, Erzgebirgsbruch) in Verbindung mit den Transgressionen. Über die Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden.

Die finnische Skärenküste von Wiborg bis Hangö bildet den Gegenstand einer Studie von F. O. Karstedt.[1]) Er unterscheidet drei hintereinander liegende Streifen, die er wie folgt bezeichnet: 1. Der Skärgård, d. h. die Summe der vor der Festlandsküste liegenden Inseln und Klippen. Hinter ihm 2. der Saum, der sein zerrissenes Gepräge durch die mehr oder weniger tief einschneidenden Fjärde erhält, und 3. der Landstreifen, der nach seinem Aufbaue noch unmittelbar zur Küste gehört, den er als Küstenlandschaft bezeichnet.

Der Skärgård beginnt mit unterseeischen Klippen. „Scheinbar regellos zerstreut, von Eis und Wasser poliert, glatt und eckenlos auf der Nordseite, zerblockt und von Rissen durchsetzt auf der Südseite, so tauchen im äußern Skärgård diese Klippen empor. Häufig fast kreisrund, erheben sie sich bei Normalwasserstand meistens nur wenige Fuß über den Meeresspiegel. Ununterbrochen nagen Wetter und Wasser an dem Gesteine, das deshalb auch nur selten Gletscherspuren, häufiger aber dafür Treibeisspuren aufweist. Eine unendliche, grause Starrheit liegt über diesen Skären, die namentlich bei ruhiger See den Eindruck eines in leichter Dünung plötzlich erstarrten Meeres machen.“

Auf den höhern Klippen, deren Oberfläche nicht mehr von der Brandung erreicht wird, findet sich zwischen Strandgeröll und erratischen Blöcken gelegentlich eine kümmerliche Birken- oder

[1]) Deutsche geogr. Blätter. Bremen 1904. p. 176.

Kiefernkolonie, an Tieren eine Anzahl flügelloser Käfer, mehrere Seevögel und einige Schlangenarten. „Häufig begegnet man schon im äußern Skärgård inselartig hervorragenden, meist langgestreckten Blockanhäufungen, die von der Brandung nicht mehr versetzt werden können. Liegen sie im Lee irgend einer größern Klippe, so siedelt sich zwischen ihnen bald eine kräftige Vegetation von Schilf und Binsen an; und nach einigen Jahren gibt es hier vielleicht schon eine kleine Schwemmsandinsel, deren Boden bald mit einem leichten Birkengestrüppe überzogen ist. Das sind die untermeerischen Fortsetzungen der sogen. Asar. Landschaftlich ein ganz anderes Bild bietet der innere Skärgård. Herrschten bisher die kahlen, immerhin niedrigen, fast vegetationslosen Klippen vor, gestattete die Landschaft im äußern Skärgard einen freien Rundblick, so reiht sich jetzt eine mit dichtem Nadel- oder Birkenwalde bestandene Insel an die andere, überall den ungehinderten Ausblick versperrend. Gleichzeitig sind diese Inseln bedeutend höher und größer. Während im äußern Skärgård Inseln von 20 *m* Höhe und 1 *qkm* Oberfläche doch immerhin zu den Seltenheiten gehören, kommen hier solche von 10 bis 20 *qkm* Oberfläche und 30 bis 40 *m* Höhe häufig vor, weshalb sie vom Volke und auf den Karten auch gern mit der Bezeichnung „Land“ belegt werden. Auch bei diesen Inseln läßt sich immer in den Konturen des Waldes die weniger steile und ebene Nord(Stoß)seite von der zerblockten und zerrissenen Süd(Lee)seite unterscheiden. Die Größe der meisten Inseln des innern Skärgårds erklärt sich aus der durch die Hebung des Landes resultierenden Zusammenschmelzung mehrerer Inselkerne zu einer Insel.“

Der Fjärdsaum wird charakterisiert „durch seine durch Hunderte von primären und sekundären Buchten hervorgebrachte Zerschlitztheit. Seine Breite variiert an der südfinnischen Küste von 2 Seemeilen bis 12 Seemeilen. Er stellt in den Fjärden die Fortsetzung der festländischen Täler ins Meer, in den zwischen ihnen liegenden Halbinseln und halbinselartigen Bildungen die Fortsetzung der Hügelketten des Landes seewärts dar.“

Das Charakteristikum der Skärenküste gegenüber der Fjordküste liegt nach Karstedt nicht so sehr in der Fjärdbildung als vielmehr in der reichlichen Skärenbildung vor einem flachen Lande. „Die Fjärde sind noch nicht genügend untersucht, als daß man schon mit genügender Sicherheit auf ihre Bildung schließen könnte, wie bei den Fjorden. Größtenteils dürften sie vielleicht schon im Beginne des Paläozikums durch Erosion des fließenden Wassers ihren Anfang genommen haben.“

Die westlichen Fjärde sind sämtlich lang und schmal, die östlichen kurz und haben meist die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes. Die südfinnische Küstenlandschaft ist gegen das Landesinnere durch das Überwiegen der quartären Ablagerungen gekennzeichnet. „Während nämlich das innere Finnland seinen geographi-

schen Charakter durch die Moränenzüge bekommt, fehlen diese an der Küste vollständig. Hier, dem Schauplatze ewiger Küstenschwankungen, hat das Meer seine Zeichen in seinen Sedimenten eingegraben, die als Tonablagerungen sich niedergeschlagen haben."

Der Skärgård vor der südfinnischen Küste schützt als natürliches Bollwerk diese vor der abradierenden Wirkung der Brandung und ist anderseits gleichsam ein Sieb für die durch die Flüsse ins Meer geschwemmten Schlammteile. Die Wellenwirkung des Meeres reicht selten in den Skärgård hinein, hier ist das Wasser meist vollkommen ruhig.

Die mittlere Höhe Asiens bildet den Gegenstand einer Studie von R. Tronnier,[1]) der zu dem Ergebnisse gelangt, daß man von einer zufriedenstellenden Beantwortung der Frage nach der mittlern Erhebung der Landflächen überhaupt noch sehr weit entfernt ist.

„Die Fläche eines Landes ist verhältnismäßig leicht und sicher zu bestimmen; die ganze Schwierigkeit besteht in der Bestimmung des Volumens. Man hat nun in der Volumetrie durch Anpassung der betreffenden topographischen Körper an die verschiedensten mathematischen Körper (Prisma, Pyramide, Kegelstumpf usw.), deren Formeln eine leichte Berechnung gestatten, dieses Ziel erreichen wollen. Aber die Natur bietet keine mathematischen Körper dar, so daß alle diese Versuche nur mehr oder minder genaue Annäherungen darstellen können. Penck, Neumann und v. Tillo gaben 1888/89 unabhängig voneinander ein anderes Verfahren, die hypsographische Kurve, an, das aber, da es ein Idealgelände voraussetzt, an demselben Übel krankt wie jene obigen Versuche. Alle diese Methoden gehen wie Parallelkreise um den Pol herum, bald näher, bald ferner, gelegentlich auch einmal mit ihm und der Wahrheit zusammenfallend, ohne daß dafür aber ein Beweis erbracht werden könnte. Der direkte Weg, den man mit einem Meridiane vergleichen könnte, findet sich, soweit dem Verf. bekannt, nirgends deutlich angegeben. Es ist die Bestimmung des Volumens durch die Wage, nach der Formel

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masse}}{\text{spez. Gewicht,}}$$

sei es, daß man ein Relief des betreffenden Landes aus einer homogenen Masse von bekanntem spezifischen Gewichte oder nur eine Form (z. B. aus Metall getrieben) herstellt, die man mit irgend einem Stoffe von bekanntem spezifischen Gewichte (z. B. Wasser) anfüllt. Der Herstellung eines einigermaßen genauen Reliefs fremder Länder stehen zwar zurzeit noch unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, aber trotzdem sollte man sie als Ziel stets vor Augen haben. Schon die Herstellung selbst eines (rohen) Reliefs gewährt einen wichtigen

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik VI. p. 594.

Fingerzeig für den Weg, den man vorläufig einzuschlagen hat. Man kann ein solches Relief im wesentlichen auf zwei Weisen entstehen lassen: einmal, indem man eine sehr große Zahl von Vertikalschnitten aneinander setzt; anderseits, indem man eine sehr große Zahl von Horizontalschnitten aufeinanderlegt. Das erste Verfahren würde das Profil-, das zweite das Isohypsenverfahren sein. In der Praxis wird kaum jemand in Zweifel kommen, nach welchem von beiden er verfahren soll. Denn ein Land kann viele Tausende Kilometer lang und breit sein, die höchste Landerhebung und die größte Seetiefe aber stehen nur 18½ *km* voneinander in der Vertikalen ab.

Wohl unwillkürlich hat sich die Mehrzahl der Forscher auch bei der Volumenbestimmung eines Landes für das Isohypsenverfahren entschieden. Die hypsographische Kurve basiert bewußt ganz darauf (vgl. z. B. Penck, Morphologie I. p. 80). Trotzdem findet sich auch die Profilmethode. Sie tritt schon bei v. Humboldt auf, der ja die ersten Berechnungen von Mittelhöhen der Kontinente überhaupt ausführte, kommt später bei Leipoldt und Chavanne wieder vor, und Heidereich hat sogar seine ganze Arbeit darauf aufgebaut. Theoretisch genommen sind beide Arten gleich berechtigt, aber die Forderungen der Praxis machen es ganz unumgänglich, sich für die Isohypsenmethode zu entscheiden. Daß bei der Konstruktion von Profilen und Isohypsen heute noch die Willkür oder der geographische Takt des einzelnen eine recht große Rolle spielt, wird allseitig zugegeben. Existieren diese Schwierigkeiten einmal nicht mehr, so wird es ebenso gut möglich sein, ein hinreichend genaues Relief herzustellen.“

In einem historischen Überblicke stellt Verf. die bisherigen Annahmen über die mittlere Höhe Asiens zusammen und gibt folgende Tabelle:

v. Humboldt	de Lapparent	Murray	Heiderich
1843, 1853	1883, 1885	1888	1891
351 *m*	879 *m*	943 *m*	920 *m*

Murray	Penck	Supan	v. Tillo	Penck
1888	1889	1889	1889	1893
943 *m*	950 *m*	940 *m*	957 *m*	1010 *m*

Wagner	Penck	Krümmel	Penck
1895	1899	1879	1884
950 *m*	980 *m*	c. 500 *m*	c. 750 *m*

Alle diese Angaben, auch die letztern, sind nach Verfassers sehr begründeter Ansicht äußerst unsicher. „Ob,“ sagt er, „die mittlere Höhe Asiens näher an 900 *m* oder 1000 *m* liegt, darüber eine Entscheidung zu treffen, erscheint nach ernsthafter Prüfung des vorliegenden Materiales aussichtslos. Vorläufig, zu dieser Erkenntnis drängt auch diese Untersuchung, tut man am besten, sich mit dem 1895 von Wagner vorgeschlagenen Mittelwerte von ca. 950 *m* zu begnügen.“

Die geomorphologischen Verhältnisse Ostasiens. F. v. Richthofen hat im Anschlusse an seine frühern „Studien" über die bogenförmigen Gebirgsanschwellungen im ostasiatischen Binnenlande und den östlichen Küsten dieses Kontinentes weitere Untersuchungen über denselben Gegenstand der Preuß. Akademie der Wissenschaften vorgetragen. [1]) Die Ergebnisse sind geeignet, als Unterlage für weitgehende Schlußfolgerungen auf genetische Vorgänge und für den Vergleich mit manchen Verhältnissen an andern Erdstellen zu dienen. Prof. v. Richthofen selbst versucht, sie auf die rätselhaften Probleme anzuwenden, welche das Gefüge der japanischen Inseln bietet.

Bei den frühern Betrachtungen war öfter davon die Rede, daß aneinandergereihte Bogen sich wie Glieder einer Kette zusammenfügen. Es erschien Prof. v. Richthofen für den Einzelfall, wo es sich um die gegenseitige Angliederung von zwei Gebirgen handelt, der entsprechende Ausdruck „Kettung" als eine angemessene, mit einer theoretischen Erklärung nicht verbundene Bezeichnung.

„Nur wenige Bezeichnungen," sagt er, „sind bisher für Formen der gegenseitigen Aneinanderfügung von Gebirgen angewandt worden, und es knüpfen sich an sie noch kaum bestimmte Begriffe. Eduard Sueß hat die Benennung „Scharung" und „Virgation" in den wissenschaftlichen Gebrauch eingeführt. Das am meisten typische Beispiel für erstere ist die von ihm selbst scharfsinnig nachgewiesene Indische Scharung, bei welcher zwei homologe Faltungsgebirge sich in konvergierenden Bogenformen vereinigen. Zwar ist dies beim Bergbaue, dem der Ausdruck entnommen ist, ein minder häufiger Fall; aber das Wort hat sich an das genannte, klassisch gewordene Beispiel so fest gekettet, daß es zweckmäßig erscheint, seine Anwendung weiterhin auf ähnliche Fälle zu beschränken. Besser entspricht dem montanistischen Brauche der häufigere Fall, daß ein kleineres Gebirge sich einem größern anschmiegt und sich mit ihm zu einem Ganzen vereinigt; und in der Tat ist der Ausdruck „Scharung" häufig darauf angewandt worden. Es ist aber klar, daß hier ein ganz anderes Prinzip der Kettung eines Gebirges an ein anderes zugrunde liegt.

Ähnlich verhält es sich mit der Bezeichnung „Virgation". Sueß führte sie 1885 ein für das fächer- oder rutenförmige Auseinandergehen der Alpen an ihrem östlichen Ende in mehrere einseitige Ketten, welches er zehn Jahre zuvor in dem grundlegenden Werke: „Die Entstehung der Alpen", eingehend beschrieben hatte. Es wird hierbei auf die Homologie der Lage von Rück- nach Vorderseite bei den einzelnen Ketten Wert gelegt. Abweichend von dieser Art polytomen Auseinandergehens eines zusammengesetzten Gebirges an seinem Ende ist das gliedweise sich vollziehende Ablösen einzelner Ketten von einem Hauptstamme, wie es am Felsengebirge auftrifft. Obwohl

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. **32**. p. 867.

gleichfalls als Virgation bezeichnet, ist es doch besser als ein Typus anderer Art davon zu trennen.“

Prof. v. Richthofen betrachtet zunächst die Art und Natur der ostasiatischen Bogengebilde.

Die infolge Sonderbewegungen der benachbarten Teile der Erdrinde entstehenden langgestreckten Deformationen haben gewöhnlich eine Bogenform. Aber gemäß der Art der zur Verbindung führenden Bewegung unterscheidet Prof. v. Richthofen zwei Kategorien von Bewegungen, die er folgendermaßen charakterisiert:

1. Die bogenförmige Verbindung durch Zusammenschieben ergibt den Stauungsbogen oder den Alpentypus. So sehr gegenwärtig die Anschauungen über den Mechanismus der faltigen oder brüchigen Oberflächenstauung und ihre Ursachen, sowie über die Art gleichzeitiger kompensierender Massenbewegungen auf der Rückseite und in der Tiefe im Flusse begriffen sind, ist es doch klar, daß in Gebirgen vom Typus der Alpen, Karpathen, Apenninen und des Himalaya der Verschiedenartigkeit der innern Gebirgsteile die Einheitlichkeit der Faltungsbogen an der Außenseite, dem bunten geologischen Farbenbilde im Innern die relative Gleichartigkeit der Außenrandzonen gegenübersteht. Auch darüber herrscht kein Zweifel, daß, wie zuerst Sueß zu klarer Darstellung gebracht hat, durch das tangentiale oder auch, nach Reyers beachtenswerter Auffassung, durch das von höhern nach niedern Teilen gerichtete Zusammenschieben auf einen engern Raum häufig solche Gesteinsmassen, welche sich einst in größerer Entfernung voneinander unter verschiedenen Umständen ablagerten, in enge gegenseitige Berührung gekommen sind; und seit den klassischen, für das Verständnis orogenetischer Vorgänge grundlegenden Arbeiten von Peach und Horne im nördlichen Schottland sind die Begriffe über das mögliche und tatsächliche Ausmaß, welches Überschiebungen, auch wenn der Effekt der Stauung sich nicht in Faltung, sondern in Bruch äußert, erreichen können, überraschend erweitert worden. Albert Heim, Marcel Bertrand, Schardt und Lugeon haben dies für die Alpen in stetiger Steigerung dargetan, und Törnebohm hat den im Bereiche der Wahrscheinlichkeit liegenden Höchstwert für das Ausmaß der Überschiebung noch vergrößert. In allen hierher gehörigen Fällen sind die Zonen der Stauung frei von gleichzeitigen Ausbrüchen von Tiefengesteinen; dagegen sind solche vielfach mit Senkungen auf der Rückseite der betreffenden Gebirge verbunden gewesen.

„Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser Typus der von ausgleichenden Faltungszonen jüngern Alters einseitig umgürteten Bogengebirge in den Inselzügen Ostasiens ausgezeichnet vertreten ist; aber seine Erkennung würde nur an der Hand der den Innenteilen eigenen Symptome möglich sein. Sind auch in der Regel altgestaute Massen in dem Gesamtbaue, reichlich vorhanden, so geben sie doch bis jetzt keinen sichern Anhalt; die gefalteten jüngern Randzonen

aber sind entweder in unzureichenden Fragmenten oder gar nicht sichtbar, da das Meer sie verbirgt. Unter den Bogengebilden des ostasiatischen Festlandes ist keines, welches einen einwandfreien Anhalt für seine Zurechnung zum Alpentypus gibt."

2. Aus der bogenförmigen Verbindung durch tektonische Linien, welche auf der Wirkung zerrender Kräfte beruhen, geht der Zerrungsbogen oder der ostasiatische Typus hervor. Prof. v. Richthofen hat früher gezeigt: „1. daß sich nördlich von der Linie des Tsinlinggebirges seit voralgonkischer Zeit in gewissen Breitenzonen die Tendenz zur Bildung von Rupturen, welche auf Zug nach SSO beruhen und der den Grundbau von Ostasien beherrschenden sinischen Richtung (im Mittel W 30° S—O 30° N) folgen und damit die Zerlegung von Tafeln oder Abdachungen in rostartig angeordnete, parallele, annähernd in derselben Richtung streichende Gebirgsstreifen bis in die Tertiärzeit hinein geltend gemacht hat; 2. daß eine in ihrem Anfangsstadium wahrscheinlich erst nach der permischen Zeit herausgebildete, vermutlich aber noch jüngere, anscheinend auf östlichem Zuge, nach dem Pazifischen Becken, beruhende Bruchzone im Bogen eines größten Kreises das kontinentale östliche Asien durchzieht und bei der Interferenz mit den einzelnen gelockerten Zonen des erstgenannten Systemes eine Zerlegung in einzelne homolog gestaltete, kettenförmig aneinander gegliederte Teile erfahren hat, wobei sich die Linien der beiden Systeme in jedem einzelnen Fall e zu einem gegen den Ozean konvexen Bogen verbanden; 3. daß diese Bogen gebirgsartige Randanschwellungen großer, nach innen schüsselförmig sich abdachender Schollen, sogenannter „Landstaffeln", bilden, während der Außenrand steiler zu der zunächst nach außen folgenden, entlang dem Rande tiefer abgesenkten Landstaffel abfällt; 4. daß die zweite, durch das Herrschen einer meridionalen Komponente ausgezeichnete Bruchzone das Tsinlinggebirge durchschneidet, und die Tendenz zur Bogenbildung auch südlich von diesem fortsetzt, in Gegenden, wo jene rostförmige Zerlegung nicht mehr zu beobachten ist; 5. daß im Gegensatze zu den aus Stauung hervorgegangenen Faltungs- oder Überschiebungszonen die Bogengebilde des ostasiatischen Typus von Ausbrüchen von Tiefengesteinen verschiedener Altersstufen begleitet sind."

Eine andere bemerkenswerte Eigenschaft dieser Bogengebilde findet v. Richthofen in dem Umstande, daß, während die Störungslinien in den äquatorialen Schenkeln ganz oder nahezu in der Richtung des Streichens der vorkambrisch zusammengefalteten archäischen Schiefer liegen, die Bruchlinien der meridionalen Schenkel in der Gesamtheit der Erscheinungen von der innern Anordnung unabhängig sind und Erdrindenteile vom verschiedensten geologischen Baue unbeirrt durchschneiden. In einigen Fällen ist letzterer wenigstens streckenweise den Brüchen parallel; aber in der Regel verlaufen diese widersinnig zu den Streichrichtungen.

Prof. v. Richthofen schließt hieraus, daß die deformierenden Bewegungen in der Erdrinde, welche sich in Ostasien in der Tendenz zur Bogenbildung äußern und zur Umspannung verschiedenartiger Gebilde durch einheitliche Bogen geführt haben, von einer Art sind, die mit denen, welche dem Alpentypus zugrunde liegen, nur die resultierende Form gemeinsam hat, vom geogenetischen Gesichtspunkte aber davon abweicht: „Dort ein Hinüberquellen und Überwallen über ein meist tief versenktes Vorland durch eine von der Rückseite nach der Außenseite gerichtete Kraft; hier die Tendenz zum Zurückweichen des Vorlandes durch eine Kraft, welche von Orten jenseits des Außenrandes her zerrend wirkt.“

Prof. v. Richthofen geht nun genauer auf die Form der Kette der selbständigen Bogengebilde ein. Er hat früher gezeigt, daß die Reihe der innern Staffelrandbogen Ostasiens in sehr großer Ausdehnung meerfernes Binnenland von dem ozeanischen Lande scheidet, und dieses wiederum vom Ozeane selbst durch die Reihe der Küstenbogen geschieden wird. Die Reihe der ostasiatischen Inselkränze bildet die Grenze des Kontinentalmassives gegen das tiefe Becken des Pazifischen Ozeanes. „Bezeichnet man“, sagt er, „als Kettung die Verbindung von je zwei selbständigen orographischen Einzelgebilden, so sind dies drei augenfällige Kettungsreihen. Die binnenländische Reihe ist fortlaufend und vollständig; denn sie zeigt keine Unterbrechung, ein Glied schließt sich unmittelbar an das andere. Die Kettungsreihe der Küstenbogen hingegen ist fortlaufend, aber unvollständig, da ein Teil des koreanischen Bogens durch Bruch verschwunden ist. Die Kettungsreihe der Inseln ist unterbrochen; denn zwischen Formosa und den Philippinen ist ein Anschluß nicht erkennbar; es scheint, als ob eine Reihe ihr Ende erreicht habe, und eine andere beginne.“

Eine fortlaufende Kettungsreihe nennt v. Richthofen harmonisch, wenn, von einer außerhalb gelegenen, mit ihr parallelen Linie aus gesehen, die einzelnen Glieder, so verschieden sie im Baue sein mögen, analoge Bogenrichtung haben. „In diesem Sinne“, sagt er, „herrscht harmonische Anordnung im ganzen östlichen Asien; denn alle Bogen haben ihre konvexe Seite nach dem tiefen Ozeanbecken gerichtet, allerdings mit einer Ausnahme im südlichen Japan, welche als die Harmonie störend sehr auffällig ist, aber ihre Erklärung in mechanischer Umformung eines harmonischen Bogens findet.“ Disharmonisch nennt v. Richthofen eine Kettungsreihe, wenn die Richtung der Bogen dem Sinne nach wechselt, wie es in Amerika bei dem gegen den Pazifischen Ozean konkaven karibischen Bogen, im Gegensatze zu dem peruanisch-ekuadorischen, nach demselben Ozeane konvexen Bogen, oder bei dem dinarischen im Gegensatze zum Alpenbogen der Fall ist.

Ferner nennt v. Richthofen eine harmonische Kettungsreihe konkordant, wenn ihre einzelnen Komponenten tektonisch gleich-

artig sind, das heißt, sämtliche entweder durch Zerrung oder durch Stauung ihre Bogenform erreicht haben. Die Kettungsreihen der Binnenlandbogen und der Küstenbogen im Norden der Tsinlinglinie sind hiernach konkordant, da Entstehung durch Zerrung bei allen das genetische Motiv ist; beim südlichern Bogen beider Reihen gilt es für die Ostseite, aber nicht mit Sicherheit für die Südseite, und der annamitische Küstenbogen, obgleich in die harmonische Anordnung sich einfügend, erscheint doch nach seiner ganzen fremdartigen Erscheinung als ein diskordantes Glied.

„Ein Blick auf Karte oder Globus", fährt v. Richthofen fort, „läßt eine gewisse Gleichartigkeit in der Aneinanderreihung der das morphographische Bild Ostasiens in erster Linie beherrschenden Bogengebilde erkennen. Für die Inselzüge ist das Bild aufgehängter Blumenkränze gebraucht worden, und oft hat man es dargestellt, wie der Aleutenbogen den Kamtschatka-Kurilen-Bogen in die Seite trifft, dieser sich ebenso zum japanischen Bogen verhält u. s. f. Ebenso nähert sich der Winkel, unter welchem jeder einzelne Küstenbogen mit dem nächsten zusammenkommt, einem rechten, und das gleiche Verhalten waltet bei den Landstaffelbogen. Man kann alle diese Formen der Kettung, wo die Linie eines Bogens quer auf die Linie eines andern Bogens trifft, als flankenständige Bogenkettung oder Flankenkettung bezeichnen. Weniger auffällig sind andere Kettungen, welche mit dem morphologisch von den Bogengebilden abweichenden, geradlinig fortstreichenden, gewaltigen Stamm des Tsinlinggebirges verbunden sind. Als ein langgedehntes, starres Gebilde erstreckt er sich in westöstlichem Verlaufe in das Gebiet der erwähnten Bogengebilde fremdartig hinein, verschwindet aber, wo er die binnenländische Bogenreihe erreicht, indem er selbst durch einen ihrer Bogen abgeschnitten wird. Er ist von bogenförmigen Gebilden an der Nordseite und an der Südseite begleitet. Sie sind beiderseits ihrem Wesen nach verschieden und unterscheiden sich ebenso von den Gliedern der genannten meridionalen Bogenreihen. Auf beiden Seiten sind sie nach dem Gebirge konvex. Daher ist an der Nordseite ihre Krümmung nach Südost, an der Südseite nach Nordwest gerichtet. An der erstern verwachsen sie mit dem Tsinling, an der letztern bewahren sie ihre Selbständigkeit und verstärken den Stamm des Gebirges dadurch, daß sie ihm längsständig gleichsam angeschweißt werden. Dort scheinen sie genetisch in einer Schleppung begründet zu sein, hier erhielten sie ihre Form durch passive, von der Vorderseite herkommende, also nach rückwärts gerichtete Stauung. Wir werden daher eine geschleppte bogige Kettung oder Schleppkettung und eine rückgestaute bogige Kettung oder Rückstaukettung unterscheiden. Endlich ist noch eine Form der Kettung zu nennen. Sie wird dadurch hervorgebracht, daß ein jüngeres Gebirge inkongruent über einem ältern steht, in welchem es wurzelt, und ihm gegenüber eine neue, von ihm abweichende, selbständige,

bogige oder gestreckte Gebirgsform hervorruft. Vulkanische Kräfte haben solche Gebilde geschaffen. Man kann sie als epigenetische Gebirge und ihre Verbindung mit der Unterlage als epigenetische Kettung bezeichnen. Ein typisches Beispiel, bei dem die Unterlage sichtbar ist, werde ich aus Japan anzuführen haben; die Form aber ist sonst in Perlenschnüren vulkanischer Inseln vertreten."

Das sind die vier Kategorien der Kettung, die v. Richthofen unterscheidet, und die er dann an Beispielen erläutert. Hier möge nur von seinen Ausführungen über die Inselbogen einiges hervorgehoben werden. Die Aleuten bilden einen fast geometrisch regelmäßig geschwungenen Kreisbogen, deren sichtbarer westlicher Eckpfeiler die Insel Agattu ist. „Nur wenig innerhalb des Bogens bleibt die etwas weiter westlich hinausgerückte Insel Attu. Es ist bemerkenswert, daß, während die in dem Bogen gelegenen Inseln Vulkane tragen, auch wenn der Unterbau noch andere Gebilde aufweist, die 925 *m* hohe Insel Attu frei von jeglichen vulkanischen Gesteinen ist und aus ältern Formationen besteht als alle andern aleutischen Inseln. Noch weiter innerhalb des Kreisbogens, in beinahe 100 *km* Abstand von ihm, bleiben die Beringinsel und die Kupferinsel, in denen ältere basische Eruptivgesteine nebst Basalten und tuffigen mitteltertiären Sedimenten vorkommen. Alle im Westen von 168° westl. L. gelegenen Inseln erheben sich auf einem schmalen Rücken, welcher von der 1000 *m*-Linie umzogen wird. Bald ist die Inselreihe einfach, bald tritt dazu eine Innenreihe, besonders gegen das westliche Ende hin. Die Länge der den Aleutenbogen fortsetzenden Halbinsel Alaska, von Kamishak-Bay bis zur Spitze, ist 765 *km*; der Kreisbogen von dort bis Agattu mißt 1720 *km*. Verlängert man den Bogen mit gleichem Krümmungsradius westwärts, so trifft er nach einem Verlaufe von 780 *km* durch inselleeren Raum, also nach einer Gesamtlänge von 3267 *km*, die Halbinsel Kamtschatka am Kap Kronotski.

Zwei Breitengrade weiter nördlich beginnt mit dem Schiwelutsch die nicht ganz regelmäßig gestellte Doppelreihe von Vulkanen, welche mit einer Breite von durchschnittlich etwa 100 *km* und der Länge von 700 *km* das östliche Kamtschatka in der allgemeinen Richtung NNO—SSW durchzieht. Die Linie bildet einen sanftgekrümmten, nach Ost konvexen Bogen. Die Aleutenlinie trifft auf sie unter einem Winkel von 70 bis 80°. Sie erreicht die Küste, wo diese in breitem Wulste vorspringt und ausnahmsweise wesentlich aus vulkanischem Gesteine zu bestehen scheint. Dazu kommt, daß gerade an dieser Stelle weiter landeinwärts eine bedeutende Verbreiterung der vulkanischen Zone stattfindet, indem drei Vulkane merklich nach Osten aus ihr heraustreten; fast genau in der weitern Verlängerung der Aleutenlinie ist, weit im Westen der Zone der Kamtschatkavulkane, der nach Erman zu 16 920 Par. Fuß oder 5500 *m* aufsteigende Vulkan Itscha oder Itschinskaja Sopka, der höchste Berg Kamtschatkas,

dem kristallinischen Achsengebirge der Halbinsel aufgesetzt. Die um 1½ bis 2° weiter nördlich auf der Westseite zerstreut liegenden vier erloschenen Vulkane lassen in ihrer Anordnung keine Beziehung zu den beiden großen vulkanischen Zonen erkennen."

„Obgleich ein 780 *km* langer Teil des Aleutenbogens nicht sichtbar ist, erscheint der Schluß gerechtfertigt, daß die durch ihn bezeichnete, mit erloschenen und rezenten Vulkanen besetzte tektonische Linie unter nahezu rechtem Winkel auf die Kamtschatkavulkanzone und die ihr wahrscheinlich parallelen Strukturlinien der Halbinsel stößt, und in der Nähe der erstern die Eruptionstätigkeit des Aleutenbogens selbst einen erneuten Antrieb erhält. Es ist ferner wahrscheinlich, daß die Bogenlinie quer durch jene Zone hindurch fortzieht, und der gewaltige vulkanische Kegel der Itscha ihr angehört. Es würden sich also die beiden Vulkanlinien schneiden und einander durchsetzen".

An das Südende der Vulkanzone Kamtschatkas setzt sich in einer 50 bis 60 *km* breiten Doppellinie vulkanischer Inseln der Kurilenbogen an, 1270 *km* lang. „Bald verschwindet die innere Reihe, die äußere setzt sich wie eine Perlenschnur von Inseln allein fort. Aber in der letzten Strecke von 130 *km* ist wieder eine Doppellinie vorhanden, indem, wie es scheint, eine innere parallele Insellinie zur äußern hinzutritt; ihr gehören die größern Inseln Urup, Iturup und Kunaschiri an. Mit der Streichrichtung WSW tritt der Bogen in Yesso ein, welches jetzt mit seinem Zubehör kleinerer Inseln als administrativer Bezirk den amtlichen Namen Hokkaido führt. Hier endet die Linie nicht. Nach den Anschauungen von Milne und den Forschungen von K. Jimbo setzt der Bogen in der Insel Yesso 200 *km* weit fort und bildet hier einen breiten, aus mehrern Vulkanen aufgebauten, zuletzt von O nach W streichenden Rücken, welchen Jimbo das Tschischimagebirge nennt. Mit dieser Richtung trifft er auf die aus paläozoischen und wahrscheinlich algonkischen Schiefern, durch Granitmassen und, im südlichen Teile, einen langgedehnten Granitrücken ausgezeichnete Achsenkette der Insel, welche im Kap Erimo in das Meer ausläuft.

Wo die Tschischimalinie unter einem Winkel von 75 bis 80° auf den achsialen Zug stößt, erhebt sich die vulkanische Masse des Optateschke, und diese betrachtet Jimbo als das Ende des Kurilenbogens.

Bemerkenswert ist die außerordentliche Analogie der Kettungen des Aleutenbogens mit Kamtschatka und des Kurilenbogens mit Yesso. Überhaupt weisen beide Bogen manche Ähnlichkeit auf. Beide beginnen in langen Halbinseln und werden dann selbständig; beide weisen in ihrem Unterbaue Eruptivgesteine von älterm Charakter auf, und in beiden deuten Sedimentgesteine darauf hin, daß wir es mit kontinentalen Gebilden zu tun haben, in denen die Vulkane nur eine ornamentale Rolle spielen. In den Kurilen ist nur Tertiär- und

Kreideformation bekannt. In den Aleuten reicht der Grundbau in höhere geologische Zeit hinauf. Beide haben auf der Außenseite des vulkanischen Bogens kein Land aufzuweisen; bei beiden treten auf der Innenseite Glieder von abweichendem Streichen auf. Dies gilt ebenso für Kupferinsel und Beringsinsel wie für die rein nordöstlich gerichteten Gebilde in der Nähe des Westendes des Kurilenbogens."

In einer besondern Untersuchung beschäftigt sich Prof. v. Richthofen mit den Gebirgskettungen der japanischen Bogen. „Nach den heute herrschenden Anschauungen ist der japanische Bogen ein durch eine Grabenversenkung (Naumanns bekannte Fossa magna) in zwei Stücke getrenntes Faltungsgebirge vom Alpentypus. Eine scharfgezeichnete Linie, die „Medianlinie," durchzieht den Bogen in seiner ganzen Länge und trennt eine durch reichliche Granite ausgezeichnete, der Kernzone der Alpen entsprechende Innenzone von einer aus stark gefalteten paläozoischen Schichtgebilden bestehenden Außenzone, in welcher stellenweise auch mesozoische Schichten in schwächerer Faltung auftreten. In jedem der beiden Flügel erfahren die beiden Zonen bei der Annäherung an die Fossa eine Rückbeugung, und es entsteht dadurch eine Form der Kettung, welche an die indische Scharung erinnert und von Harada mit ihr verglichen wird, während Naumann die Ähnlichkeit der Form zwar zuerst gefunden hat, den Vergleich aber abweist. In Nordjapan wird die Außenzone durch die Gebirge von Kitakami und Abukuma gebildet; ihre Rückbeugung geschieht im Kwantogebirge.

Untersucht man die Inseln nach dem jetzigen Stande ihrer Einzelkenntnis, so verwischen sich einige wesentliche Züge dieses durch seine Einfachheit bestechenden Bildes, und damit schwindet die Ähnlichkeit mit dem wohlbekannten Bilde der Gebirgsbogen vom Alpentypus, und verwickelte Probleme stellen sich ein."

Prof. v. Richthofen zeigt dies des nähern, indem er zunächst den Grundbau von Nordjapan, dann denjenigen von Südjapan und endlich den Gesamtbau und seine Störungslinien betrachtet. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß die Insel Tsuschima und die Gruppe der Goto-Inseln nicht zum japanischen Baue gehören, sondern Glieder des koreanischen Bogens sind. Südjapan besteht nach v. Richthofen aus zwei verschiedenen selbständigen Gebirgen, nämlich 1. einem äquatorial gerichteten, aus Gneisen und paläozoischen Schichtgebilden aufgebauten, postkarbonisch gefalteten und von wahrscheinlich zumeist postkarbonischen Graniten reichlich durchsetzten, sehr stark abgetragenen Hauptstamme, welcher in seiner Gesamtheit nach Süden verschoben worden ist, wobei sein an einem nicht sichtbaren Widerlager geschlepptes östliches Ende eine scharfe, nach SO konvexe Krümmung erfuhr; und 2. einer nur noch in einem Streifen erhaltenen, aus gefalteten paläozoischen und vielleicht algonkischen Schichtgebilden mit spärlichen Granitintrusionen bestehenden, breit angelegten Gebirgszone, deren ursprünglich in sinischer Richtung (etwa

W 30° S bis O 30° N) streichende Faltungen durch die südwärts bewegte Nordzone zu einem nach NW konvexen Bogen deformiert und mit innerer Stauung in langer, scharf gezeichneter Linie an das stauende Gebirge der Nordzone angeschweißt worden sind.

Der äquatoriale Hauptstamm ist wahrscheinlich eine Verlängerung des Tsinlinggebirges, das Kuma-Kiigebirge ein östliches Glied des südchinesischen Berglandes.

Der Grundbau von Nordjapan, einschließlich Yesso, ist bezeichnet durch das Vorhandensein von drei breiten, einander parallelen, geradlinig verlaufenden, in der Richtung NzW bis SzO streichenden, stark gefalteten Zonen, welche von Richthofen nach den Namen ihrer als selbständige Gebirgsmassen auftretenden Teile, als Hidakazone, Kitakamizone und Abukumazone bezeichnet.

Zwei durch Vulkane bezeichnete tektonische Züge greifen von außen her in den Bau von Japan ein; nämlich der Riukiuzug und der mit den Volkanoinseln, Bonininseln, Schitschito- und andern ausnahmslos vulkanischen Inseln besetzte Zug des Boninrückens. In seiner nach NNW abgelenkten Fortsetzung erheben sich die Vulkane der Fudjireihe.

Die aufragenden Teile entsprechen nicht den bekannten Eigenschaften gestauter Bogengebirge vom Alpentypus. „Südjapan", sagt v. Richthofen, „zeigt in der Front einen gegen den vorliegenden Erdraum konkaven Bogen; Nordjapan und Yesso hingegen erscheinen als Fragmente eines quer gegen die äquatorialen Züge von Südjapan gestellten alten Festlandes von ganz anderer Art. Denkt man sich die beiden Festlandsteile, von denen die Bruchstücke sichtbar sind, noch nicht von Vulkanen durchspickt in größerer Ausbreitung wiederhergestellt, so könnte kaum ein Erdraum weniger geeignet erscheinen, um daraus einen Gebirgsbogen herauszugestalten. Aber gerade wie auf dem Festlande und an den Küsten gab das Zusammenwirken tellurischer Kräfte den durch sie hervorgerufenen, großen, gestaltenden Brüchen die Tendenz, sich unabhängig vom innern Baue zu großen Bogenlinien zusammenzufügen und ein ausgedehntes Gebilde von der Art eines Landstaffelblockes, mit sichelförmigem, aufgewölbtem Randgebiete und schüsselförmiger Senkung nach innen, hervorzubringen. Diesen Bedingungen entspricht das japanische Inselland in seiner Gesamtheit; das japanische Meer erfüllt den Boden der Schüssel".

Daß den über den Spiegel des Ozeanes aufragenden japanischen Bogen unterseeische gestaute Faltenbogen umspannen, hält Prof. v. Richthofen auf Grund seiner jetzigen Studie nicht mehr für wahrscheinlich, obgleich solche in den ostwärts gerichteten Abdachungen des Großen Ozeanes zur Tuskaroratiefe wohl vorhanden sein mögen.

Eine meridionale Bruchzone in Mittelasien. Prof. v. Richthofen hat untersucht[1]), inwieweit westlich von den früher nachgewiesenen

[1]) Sitzungsber. K. Preuß. Akad. der Wiss. **32**. p. 977

Reihen von Landstaffelabfällen Ostasiens ähnliche Abfälle bestehen. Morphographisch erkennbar war seit längerer Zeit um den Meridian von Lan-tschou-fu, zwischen den Breitengraden von Liang-tschou-fu und Ti-tau-tschou, ein rascher Abfall der hohen Nanschanketten gegen ihre nur noch in niedern Zügen nachzuweisenden, zum Teil nach NO umbiegenden Fortsetzungen. Viel weiter südlich läßt sich in der Nähe desselben Meridians zwischen den Breiten von Tschöng-tu-fu und Tung-tschwan-fu ein bedeutender, streckenweise in Staffeln sich vollziehender Abfall des tibetischen Hochlandes aus der Kombination verschiedener Beobachtungen ableiten. Jeglicher Anhalt fehlte bisher für das 400 *km* messende Zwischenstück, wo die Gebirge der tibetischen Anschwellung in dem breit angesetzten Tsinling-gebirge sich weit nach Osten fortsetzen. Es wurde erwiesen, daß dort, östlich von Kiu-ting-schan und Min-schan, dieselbe Bruchzone der Anfügungslinie entlang das ganze Gebirgsland quer durchzieht und mit östlicher Absenkung verbunden ist. Wie die andern Meridianbrüche Ostasiens, so ist auch dieser von den Gefügelinien des innern Gebirgsbaues unabhängig.

Die Baraba und die Kulundinskische Steppe im westlichen Sibirien behandelt G. J. Tanfiljew[1] auf Grund eigener Untersuchungen in den Jahren 1899 bis 1901.

„Die zwischen Irtysch und Ob gelegene Baraba ist ein überaus ebener, etwa 100 *m* Meereshöhe besitzender, seen- und waldreicher Teil des westsibirischen Flachlandes. Südlich daran grenzt die Kulundinskische Steppe, welche ihren Namen von dem großen Bittersalzsee in ihrer Mitte, dem Kulundinskischen See, hat.

In der Baraba liegt der große Steppensee Tschany, in welchen, von O kommend, die Flüsse Kargat und Tschulym einmünden. Die Ufer dieser Flüsse sind teils flach und salzhaltig, teils steil und aus Löß aufgebaut. Ähnliche Steppenflüsse sind Bagan, Karassuk und Burla. In dem Mündungsgebiete der Burla liegen mehrere Seen, von denen der größte der Topolnoje Osero bis 1896 leer stand und als Wiesenland benutzt wurde.

In den großen, bittersalzigen und abflußlosen See der Kulundinskischen Steppe münden Sujotka und Kulunda. Der Kutschuk mündet in den gleichnamigen See im SO.

Zahlreich sind die linken Zuflüsse des Ob; die durch sie, sowie den Hauptfluß angeschnittenen Uferprofile gelangen zu eingehender Beschreibung. Daraus, wie aus allem sonst durch Tanfiljew gesammelten Material ergibt sich über den geologischen Bau dieser Steppengebiete das folgende: Die älteste geologische Ablagerung scheint ein blaugrauer, plastischer Salzton zu sein, welchen N.

[1]) In russ. Sprache. Deutscher Auszug von M. Friedrichsen in Petermanns Mitteil. 1904. Litteraturber. Nr. 396. p. 119.

Wyssotsky für untertertiär und marin hält. Die in der Baraba vorkommenden braunen, plastischen Töne hält derselbe Gewährsmann für Miozän. Über den untertertiären Tonen liegt in der Kulundinskischen Steppe heller, stark sandiger Lehm, welchen Wyssotsky für eine miozäne Süßwasserbildung hält.

Nördlich einer Linie, welche den See Tschany mit dem obern Alei verbindet, erscheinen auf postpliozänen Sanden ruhende Lößablagerungen.

Die absolute Höhe der westsibirischen Ebene schwankt an der Eisenbahnlinie zwischen 225 *m* in Tscheliabinsk am Ural und 100 *m* in den mittlern Teilen der Baraba. Nach SO hebt sich das Terrain allmählich bis etwa 230 *m*. Die tiefsten Punkte der Kulundinskischen Steppe haben eine Höhe von nur ca. 117 *m*, die höchsten von etwa 310 *m*. Sehr charakteristisch und bereits von Middendorff hervorgehoben sind für diese Steppen die von NO nach SW laufenden, einander parallelen Täler und dazwischen liegenden flachen Landrücken.

Über das Einschrumpfen der Seen Westsibiriens hat man schon seit Falks Reise im Jahre 1772 berichtet. Auch aus dem Vergleiche der an Seen reichern ältern Karten mit neuern glaubte man dasselbe schließen zu können. In der Tat läßt sich denn auch heute an alten Terrassen und Salzstellen ein Sinken der Seespiegel vieler westsibirischer Seen konstatieren, indessen hält Tanfiljew dies für eine nur periodische Erscheinung im Sinne der Brücknerschen Klimaschwankungen. Im Sinken befindliche Seen können nach Ablauf einer solchen Trockenperiode wieder steigen. In der Tat hat man dies jüngst am Aralsee wie an vielen Steppenseen beobachtet.

Die Baraba, sowie der nördliche Teil der Kulundinskischen Steppe ist von einem Südrußland ähnlichen Schwarzerdeboden bedeckt. Doch unterscheidet sich die Westsibirische Steppe durch das häufige Vorkommen kleiner Birkenwäldchen in flachen Bodenvertiefungen vor dem europäischen Analogon. Daneben durchziehen ausgedehnte Salzstellen und Rohrsümpfe das Land. Im europäischen Rußland pflegen letztere dagegen meistens zu fehlen. Unter der Steppe geht der schwarze Boden allmählich in den gelbgefärbten Untergrund über.“

Die Dünenbildungen in der Tschertschenwüste besprach Sven v. Hedin.[1]) „Der Sand“, sagt er, „liegt in der Wüste in Wellen geordnet, die gerade so aussehen wie die Wellen eines Meeres, über das ein beständiger, heftiger Wind hinstreicht. Anfangs erschien es mir eigentümlich, daß diese Sandrücken im nördlichsten Teile der Wüste nach SW laufen, diese Richtung dann aber allmählich in SSW und S übergeht, um in der Nähe des Tschertschen-darja nach SSO umzu-

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 168.

biegen. Sie bilden also Bogen. Die Ursache der Entstehung dieses Reliefs glaube ich jedoch gefunden zu haben. Die größte Schwierigkeit bot die Erklärung, wie es möglich sei, daß die ungeheuer kräftigen Stürme (bis 27 *m* in der Sekunde an der Erdoberfläche), die besonders im Frühlinge über das Lopland und seine Umgegend hinfahren, die Sandanhäufungen so anordnen, daß die Windrichtung und die Dünenkämme einen spitzen Winkel bilden, während man doch naturgemäß erwarten müsse, daß die Windrichtung der Dünenkämme unter rechten Winkeln treffe. Nur im südlichsten Teile der Wüste, wo die Kämme der Dünenanhäufungen nach SSO laufen, scheint dieses physische Gesetz befolgt worden zu sein. Dieser scheinbaren Anomalie im nördlichen Teile der Wüste muß eine besondere Ursache zugrunde liegen. Betrachtet man hier die Lage der Einzeldünen, so findet man, daß ihre Kämme, wie es sich gehört, rechtwinklig gegen die Windrichtung liegen. Die von mir gefundene Erklärung ist, daß, unter Voraussetzung gleicher Windstärke und gleicher Windrichtung über der ganzen Wüste, die Deviation oder die bogenförmige Orientierung der Sandrücken darauf beruht, daß die Sandmenge der Dünenanhäufungen im N größer ist als im S, und die Dünen im südlichen Teile der Wüste also schneller wandern müssen als im nördlichen. Im nördlichen Teile der Wüste müssen Winde die Längsachsen der Dünenanhäufungen also unter spitzen Winkeln treffen. Vollkommen regelmäßige Bogen bilden diese Sandrücken natürlich nicht; aber als Regel läßt sich sagen, daß der Winkel nach S hin größer wird.

Zwischen diesen ungeheuern Sandwogen, deren Inhalt die unglaublich beständigen ONO-Winde weitertragen, und die selber von dem zerfallenden, vermorschten Kuruk-tagh herstammen, bilden sich Wellentäler, ganze Ketten von Depressionen, die durch verhältnismäßig niedrigere Sandschwellen voneinander getrennt sind. Jede derartige Depression wird von den Eingeborenen Bajir genannt und bildet ein kleines Becken für sich mit Lehmboden und von Sand umgeben, der auf der Ostseite steil abfällt, auf der Westseite aber langsam nach dem nächsten Kamme emporsteigt. Die Seen auf dem rechten Tarimufer sind nichts anderes als solche Bajirdepressionen, die durch reinen Zufall mit Wasser gefüllt worden sind, und dieser Zufall besteht darin, daß der Tarim, der in frühern Zeiten gerade nach O durch das Bett des Kuruk-darja strömte und sich in den alten See Lop-nor ergoß, seither seine Richtung nach O in eine südöstliche verändert und dabei ungeheuere Sandmassen aus der Wüste fortgespült hat. In der Lage, die der Fluß in diesem Augenblicke einnimmt, setzt er seine Spülarbeit fort; er wandert nach rechts, unterwäscht die Giebel der Sandrücken und zehrt an ihnen, spült neue Sandmassen fort, gewinnt Terrain und nivelliert die Wüste. Eine Bootfahrt flußabwärts auf diesem Teile seines Laufes ist höchst interessant und bildet eine Reihe großartiger, malerischer Perspektiven. Dann und wann dringen die nach S gerichteten Flußwindungen tief in den hohen Sand ein; 90 *m* hohe

Dünenmassen fallen am rechten Ufer in Winkeln von 33° gerade nach dem Wasser ab. Wie ist es möglich, daß die Dünen gerade hier, wo sie ihre Giebel der vorherrschenden Windrichtung direkt zukehren, so steil sein können, da man doch erwarten müßte, daß das Gefälle hier sehr langsam abgedacht wäre! Die Erklärung liegt in der ununterbrochenen Bewegung des Flusses nach SW. Der Wind arbeitet wohl in den obern Schichten der Dünen daran, ihr Gefälle immer flacher zu machen, anderseits aber arbeitet an ihrer Basis die unterwaschende, fortschwemmende Kraft an der Erhaltung der Steilheit, und da diese Kraft stärker ist, bleibt sie Sieger.

Die Seen hindern die Wanderung der Dünenmassen in keiner Weise. Aus einer mitgeteilten Tabelle geht hervor, daß ihr Volumen, mit dem der Dünenmassen verglichen, unbedeutend ist. Letztere setzen ihr langsames Vorrücken nach W ungehindert fort. Die charakteristische Depressionsform der Seen bildet einen der besten Beweise für die Wanderung der Dünenanhäufungen. Dieselbe Form findet sich bei jeder der unzähligen Bajirdepressionen der Wüste wieder, d. h. sie sind stets am tiefsten längs der Basis der steilen Leeseite, die sich am Ostrande der Bajir erhebt. Dieser Teil der Depression ist derjenige, welcher während des längsten Zeitraumes der Korrosion und Deflation, der aushöhlenden Tätigkeit des Windes ausgesetzt gewesen ist. Der Westteil einer Bajir ist weniger tief ausgemeißelt, weil es verhältnismäßig kurze Zeit her ist, daß der unterste Teil der Windseite der westlichen Dünenanhäufung ihn verlassen hat. Die Bajirdepressionen wandern demnach mit den Dünenanhäufungen nach W; nach Jahrhunderten und Aberjahrhunderten erneuert sich der Untergrund, der ihren Boden bildet, sie selbst aber behalten ihre Individualität und verändern ihre Form wenig und langsam.

Sie verschwinden jedoch schon vollständig, ehe sie noch den Kerija-darja und meine Route durch die Wüste von da, wo dieser Fluß verschwindet, bis an den Tarim (im Februar 1896) erreicht haben. Der Grund ihres Verschwindens liegt natürlich darin, daß die Winde in diesem westlichern Teile der Wüste weniger regelmäßig und beständig als im Loplande sind. In der Taklamakanwüste war von dem unglaublich regelmäßigen Relief der Tschertschenwüste keine Spur vorhanden."

Die Ammonsoase Siwe wurde von Prof. Dr. G. Steindorff auf einer archäologischen Zwecken dienenden Reise besucht.[1]) Er bemerkt, daß sich für den Namen keine Erklärung geben lasse, doch sei die gewöhnliche Schreibweise Siwah oder Siouah nicht richtig. Die Größe von Siwe lasse sich ebensowenig wie die anderer Oasen bestimmen, da man die Grenzen der Einsenkung nicht genau festlegen kann. Am klarsten lägen sie im N, wo der Steilabfall des marma-

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 179.

rischen Hochplateaus das Oasenbecken in sicherer Linie abschließt. Im O beginnt die Senke schon mit dem Wadi Umm huemil und wird weiterhin durch den Gebel Temire begrenzt; im SO geht sie, ganz allmählich ansteigend, in die Wüste über. Die südlichen und westlichen Grenzlinien hat Verf. nicht genauer verfolgen können. Auch über die Ausdehnung des kulturfähigen Bodens, dessen grüne Inseln sich klar vom gelben, unfruchtbaren Wüsten- und Sumpfboden abheben und von dem höchsten der Inselberge, dem Gebel el-hemmadat, vortrefflich übersehen lassen, kann er keine zuverlässige Angabe machen. Er hat das Fruchtland einmal auf 15 bis 20 *qkm* geschätzt.

„Auf dem Boden der Oase erhebt sich eine größere Zahl sog. Inselberge. Die größten, die auch besondere Namen tragen, sind die folgenden: im Mittelpunkte der Oase die Hügel, welche die beiden Hauptorte des Ammoniums tragen: der zweikuppige Berg von Siwe und der im N steil abfallende Berg von Aghurmi; ferner der schon erwähnte Gräberberg Qarit el-musabberin und der Gebel el-hemmadat oder, wie er siwisch heißt, Adrar embrik. Im W der Oasen erheben sich zwei größere Inselberge, der Adrar amilal, der „weiße Berg“, und der Adrar gari. Beide Namen sind siwisch.

Das Hauptkulturgebiet schließt sich in einem Kreise um die Berge von Siwe und Aghurmi und wird im SO durch den Gebel el-Hemmadat abgeschlossen. Zwei andere Kulturinseln liegen im W der Oase bei den Weilern Meschindid und Chamise, zwei kleinere auf dem Wege dorthin bei Dobbu und Deheba. Endlich liegt im SO der Einsenkung das Kulturgebiet von Zetun. Die Lebensadern dieser Vegetationsgebiete, auf denen hauptsächlich Palmen und Ölbäume gedeihen, sind die süßen Quellen, die unmittelbar unter der Oberfläche emporsprudeln. Sie werden in Becken, die wohl schon im Altertume mit Kalksteinquadern sauber ausgemauert worden sind, aufgefangen und in Gräben weitergeleitet, um die Gärten zu tränken. Über 30 solcher Quellen soll es in der Oase geben. Die berühmteste von allen ist die Ain el-hammam, „die Badequelle“, die wahrscheinlich mit der von Herodot, Arrian, Diodor und andern Klassikern wegen ihrer wechselnden Temperatur geschilderten „Sonnenquelle“ identisch ist.

Der Größe der Kulturinseln entsprechen natürlich die in ihnen gelegenen Ansiedlungen. Die beiden größten Ortschaften sind das eigentliche Siwe und Aghurmi. Siwe erhebt sich auf einem durch einen Sattel in zwei Höhen, den West- und Ostberg, geteilten Inselberge. Am Ostabhange des Ostberges liegt der Markt mit dem ganz ansehnlichen Bazar. Dann setzt sich der Ort noch ostwärts in der Ebene zwischen dichten Palmengärten fort und bildet mehrere Ortschaften. Sie führen die Namen Edarra, Sibuche und Menschije. Alle zusammen sind nach der letzten Volkszählung von 6680 Menschen bewohnt. Wesentlich kleiner ist der zweite Ort Aghurmi, dessen Wohnplätze fast nur auf dem Berge liegen; seine Einwohnerzahl beträgt 520. Ganz unbedeutend sind die übrigen Ortschaften. Zetun

soll nur 60 Einwohner haben. Meschindid und Chamise sind wohl noch kleiner. Dobbu und Deheba bestehen nur aus wenigen Häusern; sie standen bei unserm Besuche in der kalten Jahreszeit leer und sollen nur in den heißen Monaten von ihren in Siwe wohnenden Besitzern als Sommerfrische aufgesucht werden.

Die Siwis gehören zu den hellfarbigen (libyschen) Berberstämmen Nordafrikas und unterscheiden sich in ihrem Aussehen deutlich von den arabischen Beduinen der Wüste und den schwarzen Negern Zentralafrikas, von denen eine ganz beträchtliche Zahl durch Sklavenhandel auch in diese Oase gekommen ist. Auch in der Sprache haben sie sich ihre Eigenart bewahrt. Sie sprechen einen Berberdialekt, der mit andern in Nordwestafrika noch gesprochenen Berberdialekten, dem Kabylischen und verschiedenen marokkanischen Dialekten in naher Verwandtschaft steht. Die Männer sprechen daneben meist auch noch Arabisch, besonders im Verkehr mit den arabischen Beduinen, die von O und W mit ihren Karawanen zur Ammonsoase kommen.

Im Altertume ist das vegetationsfähige Gebiet der Oase wohl noch größer gewesen als heute; durch Versiegen der Quellen und durch Versumpfung sind die Kulturinseln im Laufe der Jahrhunderte sehr zusammengeschrumpft und haben gewiß nicht unbeträchtliche fruchtbare Stücke verloren. Außerdem scheinen auch ganze Gebiete der Kultur verloren gegangen zu sein, wie die Gegend bei dem Qasr el-ghaschscham, die heute verödet ist, und wo, nach den erhaltenen Ruinen zu urteilen, in griechisch-römischer Zeit eine größere Ansiedlung, die doch ohne Kulturboden nicht denkbar ist, gelegen haben muß.“

Über Inselberglandschaften im tropischen Afrika verbreitet sich Dr. S. Passarge.[1]) Die Benennung stammt von Bornhardt[2]) und bezieht sich auf Berge und Gebirgsstöcke, die wie Inseln aus der ebenen Fläche emporragen. „Oft dehnen sich die Ebenen meilenweit aus, ohne jede Erhebung, ohne wesentliche Einsenkungen, nur hier und und dort, oft 20, 30, 40 und mehr Kilometer voneinander getrennt, oft aber auch dichter gedrängt, stehen die isolierten Berge, kleine Kuppen von hundert und viel weniger Metern Höhe bis zu Massiven von der Größe des Harzes und größer. Der Übergang von der Ebene zu den Bergen ist oft absolut scharf und unvermittelt. Die Ebene tritt an das steil aufsteigende Gehänge heran, höchstens vermittelt eine schmale Böschung von Blockschutt und Grus, der vom Gehänge stammt, den Übergang zwischen beiden. In andern Fällen werden die Gebirgsstöcke von einem alluvialen Mantel umgeben, die aus den Gebirgen herausgeschwemmt und auf den primär vorhandenen

---

[1]) Naturwiss. Wochenschr. 1904. Nr. 42.
[2]) Zur Oberflächengestaltung Deutsch-Ostafrikas. Berlin 1900.

Ebenen zur Ablagerung gelangt sind. Der Charakter der Ebene bleibt darum immer erhalten."

Dieser Landschaftstypus findet sich in zwei Zonen: einer, die am Roten Meere zwischen Abessinien und Sunkin beginnt und sich über Kordofan und Wadai nach Dar Fertit zieht und im zentralen Sudan wahrscheinlich stark ausgeprägt ist, und einer zweiten, die mit der Massaihochsteppe in Deutschostafrika beginnt und sich gegen das Schirehochland hinzieht. Dort wurde sie von Bornhardt studiert. Passarge unterscheidet verschiedene Typen dieses Landschaftscharakters und bespricht die möglichen Vorgänge, welche ihre Entstehung bedingt.

Das Gebiet des Orinoko zwischen den Flüssen Cuchivero und Caura bereiste im Winter 1901 bis 1902 Dr. S. Passarge.[1]) Die Reise begann in Las Bonitas am 22. November 1901 und endete ebendaselbst am 7. März 1902. Von den Hauptflüssen des untersuchten Gebietes hat der Orinoko eine Breite von 3 bis 4 *km*, enthält jedoch zahlreiche Inseln und Sandbänke, die ihre Form und Lage häufig zu verändern pflegen. Dennoch ist er auch während der Trockenzeit noch für 1 *m* tiefe Fahrzeuge befahrbar. Der Caura hat an seiner Mündung eine Breite von 1100 *m*, weiter oberhalb jedoch von 600 bis 800 *m*. Er hat fast auf der ganzen Strecke seines Laufes hohe Steilufer, die mit dichtem Walde besetzt sind. Zur Regenzeit, während welcher ihn Dr. Passarge befuhr, war er stark angeschwollen und reißend, deshalb schwierig zu befahren. Der Cuchivero kommt für die Schiffahrt wenig in Betracht, ist aber dafür ausgezeichnet durch die hohe landschaftliche Schönheit seiner Ufer, die von hohen, mit dichten Urwäldern bedeckten Bergen gebildet werden.

Die Südgrenze des bereisten Gebietes wird von einem Gebirge gebildet, das zu dem Hochlande von Guayana gehört. Es ist ein aus niedrigen Rücken und welligen Ebenen zusammengesetztes Gneisland, das mit hohem Grase und zerstreuten Steppenbäumen bestanden ist und sich in dem fraglichen Gebiete höchstens 100 bis 200 *m* über die Ebene des Cuchivero erhebt. Aus diesem Gneislande ragen hohe, mit schwarzgrünem Urwalde bedeckte Gebirgsmassive heraus, die voraussichtlich aus Granit bestehen. Nach Norden hin senkt sich allmählich das Land. Die Gneisplatte taucht unter das Niveau der Llanosebene unter, dagegen setzen sich die gewaltigen Granitstöcke als hohe Gebirgsmassive noch weit nach Norden fort. Ein Gesamtname fehlt dem großen Südgebirge zwischen Caura und Cuchivero und westlich des letztern, im allgemeinen hat jede Gruppe einen eigenen, ja zuweilen mehrere Namen. Zwischen dem Nordrande des eben geschilderten Südgebirges und dem Südrande der Kordillere von Nordvenezuela erstreckt sich die weite Fläche der Llanosebene. Die

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1904. p. 33.

Llanos gewähren nicht durchweg den gleichen Anblick. Der Hauptsache nach sind sie eine Buschsteppe, mit Chaparro, Alcorno und andern Steppenbäumen bewachsen. Das am meisten verbreitete Gras ist das Saetagras, Trachypogon polymorphus. Der Boden ist meist ein gelber bis roter Lehm und lehmiger Sand. Die Llanos werden in ausgiebigster Weise von Wasserläufen durchsetzt, die einen verschiedenartigen Charakter haben. Zum großen Teile sind es Bäche, die in einer flachen, sumpfigen Mulde beginnen. Von dieser aus zieht sich eine schmale, sumpfige Wasserrinne entlang, die von einer langen Reihe schlanker Mauritiapalmen begleitet wird. Diese Rinnen, „Morichales genannt," sind für die Landschaft außerordentlich charakteristisch und von hoher Schönheit. Ebenso wichtig sind sie in wirtschaftlicher Hinsicht, denn sie versorgen das Land mit Wasser, und in ihrem Bereiche wächst auch während der Trockenzeit meist frisches, grünes Gras. Dagegen setzen sie dem Verkehre große Hindernisse entgegen. Denn die mit schwarzem, weichem Sumpfboden gefüllten Talrinnen sind nur an einzelnen Pässen zu überschreiten, die oft nur wenigen Kundigen bekannt sind.

Nähert man sich, vom Orinoko nach S gehend, dem Gebirge, so beginnt eine Änderung in dem landschaftlichen Bilde. Rundliche schwarze Granitfelsen tauchen unter der Lehmdecke auf, runde, mächtige Buckel, aus Blöcken aufgetürmte Felsburgen, Hügel, Rücken, Platten aus bis faustgroßen, glatten Quarzgeröllen folgen. Schließlich beginnen die mächtigen Gebirgsmassive, die meist mit steilen, bewaldeten Hängen recht unvermittelt aus der Ebene aufsteigen. Die Llanossteppe endet vor dem Erreichen der Gebirgswände als ein flaches Plateau. Zwischen dessen Rand und den Gebirgen ziehen sich Niederungen hin, die mehrere Kilometer Durchmesser haben können. Diese bilden die für das Land außerordentlich wichtigen Potreros, das beste Weideland des Cauragebietes. Denn da sie unter einer grauen humosen Lehmdecke eine Schicht wasserundurchlässigen Tones besitzen, bleibt während der Regenzeit das Wasser auf ihnen stehen und macht sie sumpfig, und wenn dann im Sommer die Llanossteppe längst verdorrt und als Weide unbrauchbar geworden ist, sind die feuchten Protreros ein prachtvolles grünes, frisches Weideland, auf dem das Vieh nicht nur die Dürre übersteht, sondern sogar dick und fett wird. In den Potreros fehlen nicht Klippen von Granit, flache Hügel und Platten aus zelligem Brauneisenstein, Eisensandstein und Geröllagern aus abgerundeten, bis faustgroßen Quarzsteinen. Solche Erhebungen haben zum Teil nicht unbedeutende Ausdehnung und heißen „Invernaderos", d. h. Überwinterungsplätze, weil auf ihnen das Vieh während des Winters, d. h. während der Regenzeit, wenn die Ebenen sumpfig sind, lebt. Ein anderes Gebiet, das für die Trockenzeitweide ganz besonders wichtig ist, ist das Überschwemmungsgebiet der großen Flüsse, von den Einwohnern Rebalce genannt. Solche Überschwemmungsflächen haben

innerhalb des untersuchten Gebietes Orinoko und Cuchivero in großer Ausdehnung, während sie dem Caura fehlen.

Das Klima des Cauragebietes ist selbstverständlich nicht abweichend von dem des übrigen Guyana. Die Regen fallen hauptsächlich von Ende Mai bis Ende November. In den folgenden Monaten herrscht vorwiegend trockenes Wetter.

Die Vegetation zerfällt in drei verschiedene Typen: Waldland, Steppenland und Sumpfgebiet. Urwald bedeckt die meisten Granitmassive. Er ist sehr dicht, sehr hoch und meist mit erheblichem Unterholze erfüllt. Der Reichtum an Arten ist außerordentlich groß. Palmen spielen in ihm eine große Rolle, und zwar besonders die Palma de agua, eine Fiederpalme. Innerhalb der Ebene findet sich Wald am Rande der Bäche und Flüsse. Die Steppenvegetation hat ihre hauptsächlichste Verbreitung in den Llanos. Harte Gräser in Büschelform, knorrige niedrige Bäume mit oft hartem Holze sind die Hauptcharakterpflanzen. In scharfem Gegensatze zu der dürren Steppe steht die Vegetation des Sumpflandes, der Morchalen, Potreros und Überschwemmungsgebiete. Zwei Palmen sind charakteristisch für sie. Die eine, die Morichepalme, gedeiht nur auf dauernd feuchtem Boden an den sumpfigen Bachläufen, denen sie ihren Namen verdankt, und in den Potreros. Die andere, die Macanillopalme, wächst dagegen mit Vorliebe im Überschwemmungsgebiete. Von der reichen Tierwelt des bereisten Gebietes erwähnte der Reisende besonders die den Boden durchwühlende und umgestaltende Arbeit der Ameisen und der Sumpfschildkröten (Morokois). Außerdem wird das Cauragebiet bevölkert von roten Brüllaffen, blutsaugenden Fledermäusen, großen Hirschherden, Pekaries, Chiguires und Tapiren. Süßwasserdelphine schwärmen in Scharen im Orinoko. Die Vogelwelt ist fast noch reicher als die der Säugetiere. Schwarze Aasgeier, Papageien, mehrere Arten von Laufhühnern, zahlreiche Sumpf- und Wasservögel wären zu nennen. Die Flüsse und Sümpfe beherbergen zahlreiche Fische, unter ihnen die berühmten Zitteraale, zwei Arten von Alligatoren, mehrere Arten von Schildkröten usw. Für den Reisenden bilden besonders in den sumpfigen Gebieten Moskitos, Zancudos (Mücken) und Garapatas (Holzböcke) eine beständige, lästige Plage.

Vorgeschichtliche Bergstürze im Inntale. Zu den gewaltigsten Ereignissen dieser Art, von denen kein Sang und keine Sage etwas meldet, sondern die lediglich in ihren ungezählte Jahrtausende überdauernden Wirkungen zu uns sprechen, gehören die vorhistorischen Bergstürze an der Mündung des Ötztales und am Fernpasse, welche großartige Schuttlandschaften geschaffen haben, die der Landschaft dort einen romantischen Charakter verleihen. Schon wiederholt ist diese Landschaft Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und

beschreibender Schilderungen gewesen. Jetzt hat Dr. O. Ampferer eine neue Studie über diese Gebiete geliefert.[1])

Ein Bergkamm, der im Tschirgant (2372 *m*) seine höchste Erhebung erlangt, begleitet das Inntal auf seiner Nordseite von Imst bis gegen Telfs. Er wird von einem eng zusammengepreßten Triassattel gebildet, an dessen Aufbau sich ein schmaler Kern von Muschelkalk, dann Wettersteinkalk und Dolomit, Raibler Schichten, sowie Hauptdolomit beteiligen. Dieses Gewölbe ist nur im Gebiete des Tschirgant im Westen ziemlich vollständig erhalten, während es gegen Osten immer tiefer hinein vom Inn angeschnitten wird. Der Abhang gegen das Inntal ist durchweg sehr steil und weist auf der kurzen Strecke von Haiming bis Roppen innerhalb 5 *km* Erstreckung drei große und selbständige Bergstürze auf, von denen der westlichste bei weitem am mächtigsten entfaltet ist.

Sein Abrißgebiet greift am Ostgrate des Tschirgant an einer Stelle nahezu bis auf die Kammhöhe und umfaßt von 2200 *m* bis abwärts zu 1100 *m* Höhe mit Einschluß der östlichen zugehörigen Runsen eine Fläche von ungefähr 1.8 *qkm*. Der größte Teil dieses Gebietes besteht aus Wettersteinkalk und Dolomit. Nur am untern Ende und an der nördlichsten obern Ecke werden auch schmale Züge von Raibler Schichten (gelbliche Rauhwacken, schwarze Schiefer, bräunliche Sandsteine, dunkle Kalke), sowie Hauptdolomit mit ergriffen. Die grelle, weißlichgraue Farbe der steilen, wildzerfurchten Wände und Rinnen hat für die volkstümliche Bezeichnung „weiße Wand“ den Anlaß geboten. Am untern Rande verengen sich diese weiten Rachen zu schmalen Schlünden, die von einer Zone von Hauptdolomit begrenzt werden, welche kleine gerundete Wandstufen bildet, unter denen die großen Schuttkegel ansetzen, die bis zum Inn in sehr gleichmäßiger Neigung hinabströmen. Der Inn selbst ist von den im untern Teile vereinigten Schuttkegeln kräftig zurückgedrängt und zeichnet ihnen die Südgrenze vor, wobei zu bemerken ist, daß der Schuttkegel fast überall allmählich oder mit niedriger Abschwemmstufe dem Flußbette naht.

Bezüglich des Alters und der Entstehung dieses Bergsturzes, der nach der Definition von Heim als Felssturz zu bezeichnen ist, sind verschiedene Ansichten ausgesprochen worden, welche Penck in dem Werke: „Die Alpen im Eiszeitalter“, bei der Besprechung dieser Schuttlandschaft zum Vortrage bringt. Halbwegs sichere Schlüsse zu ziehen, gestatten nur die Aufschlüsse nördlich vom Inn, wo deutliche und ausgedehnte Reste von typischer Grundmoräne in naher Lagebeziehung zu den Bergsturzmassen erhalten sind. Die Grundmoränenmassen ziehen nämlich am Westrande des großen Schuttkegels „breite Muhre“ bis zum Innbette hinab, es findet sich jedoch jenseits des Inn keine Spur einer Fortsetzung. Der Inn beschreibt gerade an

[1]) Verhandlg. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. p. 73.

dieser Stelle (nördlich vom Mairhof) eine scharfe Biegung gegen Norden, so daß die mächtigen Grundmoränen entlang der äußern Uferlinie enden, während ihnen gegenüber das grobe Trümmerwerk und der feinere Dolomitgries am andern Ufer eine weit vorspringende Landzunge ausschließlich zusammensetzen.

Diese Verhältnisse führen zu der Annahme, daß die überaus mächtigen Grundmoränen vom Inntalgletscher vor dem Losbruche des Bergsturzes abgelagert wurden. Durch die nach dem Eisrückgange eingreifende Erosion wurden die meisten dieser Ablagerungen wieder entfernt. Nun lösten sich die Bergsturzmassen ab, fuhren über die Reste von Grundmoränen zu Tale und warfen den weitaus größten Teil ihrer Trümmer gegen den Eingang des Ötztales. Die gewaltige Wucht der hohen Sturzfahrt trieb die ganze Masse so kräftig von dem Berghange weg, daß zwischen diesem und der mächtigen Anhäufung der Trümmer ein ziemlich schuttfreier, daher auch relativ niedriger Streifen verblieb. In dieser Zone entlang dem Berghange schuf sich der Inn seinen Durchbruch.

Der Talzug des Fernpasses besteht aus zwei nordsüdlich und quer zum Streichen angelegten Teilen, denen eine dem Gebirgsstreichen folgende Strecke zwischengeordnet ist. Bedenkt man, daß knapp unterhalb des eigentlichen Paßwalles an seiner Westseite Taltiefen von nur 960 *m* zwischen mächtigen Schutthaufen vorhanden sind, so wird die Annahme nicht unwahrscheinlich, daß hier vor der Einlagerung der Schuttmassen eine völlig dem Inntale zu geneigte Talverbindung bestand. Heute ist dieser Talzug durch ungeheuere lose Gesteinsmassen so erfüllt, daß der höchste Wall eine Wasserscheide zwischen Loisach und Inn bildet.

Alles weist darauf hin, daß es sich hier um die Schuttmassen eines uralten Bergsturzes handelt. In der Tat findet man am Ostgehänge des Loreakopfes, gerade gegenüber der Paßschwelle, die gewaltige Ausbruchsnische eines Bergsturzes (Felssturzes nach Heim) klaffen. Der Paßwall liegt derselben gleichsam zu Füßen.

Diese Nische hat eine ziemlich symmetrische Gestalt, besitzt in der Tiefe die größte Ausdehnung und verschmälert sich dann gegen oben zuletzt in eine schmale Runse. Die größte Höhe erreicht der Ausbruch bei etwa 2100 *m*, seine aufgeschlossene Tiefe reicht bis gegen 1100 *m* herab, doch ist eine beträchtliche weitere Senkung seiner Bahn sicherlich anzunehmen. Dafür spricht vor allem die breite, gar nicht eingeengte Mündung, die eben nicht die wirkliche Endigung der Ausbruchsnische darstellt, welche ganz von Schutt verhüllt ist. Neben dieser breiten untern Öffnung ist noch die nicht besonders steile Neigung des umgebenden Berghanges, sowie der Umstand auffallend, daß der Abbruch sich ungefähr in der Streichrichtung der Hauptdolomitschichten vollzog. Die Öffnung des Ausbruches ist gerade gegen Osten gerichtet, und dem entspricht auch die Hauptmassenanhäufung in dieser Richtung, während fast senkrecht dazu,

gegen Süden, nur ein unverhältnismäßig kleiner Teil, vielleicht $^1/_6$, vorgetrieben wurde.

Entsprechend der ziemlich geringen Neigung der Ausbruchsfläche, die nur ein Gefälle von etwa 1100 *m* auf 3 *km* (22") aufweist, lagert auch der mächtigste Schuttwall schon knapp vor der Mündung, und nimmt die getriebene Masse mit der Entfernung viel rascher ab als beim Tschirgantsturz.

Dafür steht hier einer Sturzbahn von 3 *km* Länge und 1100 *m* Fall eine Treibbahn von 7 *km* gegenüber, die allerdings entweder nur wenig ansteigend oder, wie in der südlichen Richtung, sogar durchaus flach abfallend ist.

Das auffallendste ist neben der eigentümlichen Gestalt der Schutthügel wohl die große Entfernung, bis zu welcher der Bergsturz gleichmäßig in zwei nahezu senkrechten Richtungen seine Massen auseinandertrieb.

Die streuende Gewalt dieses Sturzes bleibt trotz der scheinbar so bedeutenden erzielten Entfernungen hinter der des Tschirgantsturzes zurück. Die langen Bahnen sind wohl dadurch zu erklären, daß die rasch bewegten Massen in verhältnismäßig schmalen Kanälen vorwärtsgedrängt wurden.

Was das Alter des Sturzes anbelangt hat, hält ihn Dr. Ampferer zum mindesten für jünger als die letzte Vergletscherung (das sogenannte Bühlstadium).

Erdmagnetismus.

Die Mißweisung der Magnetnadel in Deutschland bildet den Gegenstand einer Erörterung von Dr. J. B. Messerschmitt.[1] Er gibt in derselben eine Tabelle der Mißweisung für Mitte 1905, in der die Werte ausgeglichene, nach den sogenannten terrestrischen Isogonen gefundene Zahlen bedeuten.

Infolge der Unsicherheit in der säkularen Variation, wozu noch lokale Störungen kommen, können die gegebenen Werte in einzelnen Fällen um $\pm$ 0.2′ bis $\pm$ 0.3′ von der wahren Deklination abweichen. Diese zu ergründen, bildet aber die Hauptaufgabe der magnetischen Landesaufnahmen.

Die jährliche (säkulare) Abnahme der Deklination betrug in Deutschland vor 50 Jahren 7′ bis 8′, hat seitdem beträchtlich abgenommen und darf jetzt zu 5′ angenommen werden.

In München läßt sich die westliche Deklination nach den Beobachtungen der letzten vier Jahre durch die Formel

$$D = 10^\circ\, 27.9' + 5.20' \,(1900.5 - t) + 0.442' \,(1900.5 - t)^2$$

darstellen, worin t das betreffende Jahr bedeutet.

[1]) Zeitschr. f. Vermessungswesen 1903. p. 681.

Prof. Ad. Schmidt hat für Potsdam aus den Beobachtungen der letzten zwölf Jahre die Formel

$$D = -10^\circ\, 27.24' + 5.14'\,(t - 1896.0) - 0.104'\,(t - 1896.0)^2$$

abgeleitet, welche nahe mit der von E. Hammer abgeleiteten übereinstimmt.

Mißweisung der Magnetnadel, westlich, für die Mitte des Jahres 1905.

Geograph. Breite	Geographische Länge, von Ferro aus gezählt								
	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°
55°	13.5°	12.9°	12.6°	12.1°	11.4°	10.8°	10.3°	9.8°	9.2°
54	13.5	13.0	12.6	12.2	11.7	11.0	10.4	9.9	9.3
53	13.4	12.9	12.5	12.2	11.7	11 0	10.4	9.8	9.3
52	13.1	12.8	12.4	12.1	11.6	11.0	10.3	9.8	9.3
51	13.2	12.8	12.5	12.1	11.6	10.9	10.3	9.8	9.3
50	13.1	12.8	12.3	12.0	11.5	10.8	10.2	9.8	9.2
49	13.1	12.7	12.3	11.8	11.3	10.7	10.2	9 7	9.2
48	13.0	12.6	12.2	11.7	11.2	10.6	10.1	9.7	9.2
47	12.8	12.4	12.0	11.5	11.0	10.5	10.1	9.6	9.2
46	12.7	12.3	11.9	11.4	10.9	10.4	10.0	9.6	9.2
Geograph. Breite	5° 20′	6° 20′	7° 20′	8° 20′	9° 20′	10° 20′	11° 20′	12° 20′	13° 20′
	Geographische Länge, von Greenwich gezählt								

Mißweisung der Magnetnadel, westlich, für die Mitte des Jahres 1905.

Geograph. Breite	Geographische Länge, von Ferro aus gezählt								
	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
55°	8.8°	8.4°	8.1°	7.6°	7.0°	6.6°	6.3°	5.7°	5.1°
54	8.8	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.3	4.7
53	8 8	8.3	7 9	7.3	6.7	6.2	5.7	5.1	4 5
52	8.7	8.2	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.0	4.5
51	8.8	8.2	7.8	7.2	6.7	6.2	5.6	5.2	4.6
50	8.8	8.3	7.7	7.2	6.7	6.3	5.7	5.3	4.8
49	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6 4	5.9	5.4	4.9
48	8.8	8.3	7.8	7.3	6.9	6.4	6.0	5.5	5.0
47	8.8	8.3	7 8	7.4	7.0	6.5	6.1	5.7	5.2
46	8.8	8.3	7.8	7 4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.3
Geograph. Breite	14° 20′	15° 20′	16° 20′	17° 20′	18° 20′	19° 20′	20° 20′	21° 20′	22° 20′
	Geographische Länge, von Greenwich gezählt								

Für den praktischen Gebrauch ist die tägliche Änderung der Mißweisung von Wichtigkeit, gemäß welcher die beobachtete Deklination in den Morgenstunden größer und in den Abendstunden kleiner ist als der tägliche Mittelwert. Das Hauptmaximum findet mittags 1 Uhr, das Hauptminimum vormittags 8 Uhr statt. Die Größe dieser Schwankungen ist überdies in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich groß. Die unten stehende Tabelle gibt für die vier Jahreszeiten die durchschnittlichen Schwankungen nach den Beobachtungen in München; im nördlichen Deutschland sind die Ausschläge zeitlich gleich, werden aber im Maximum um 1′ bis 2′ größer.

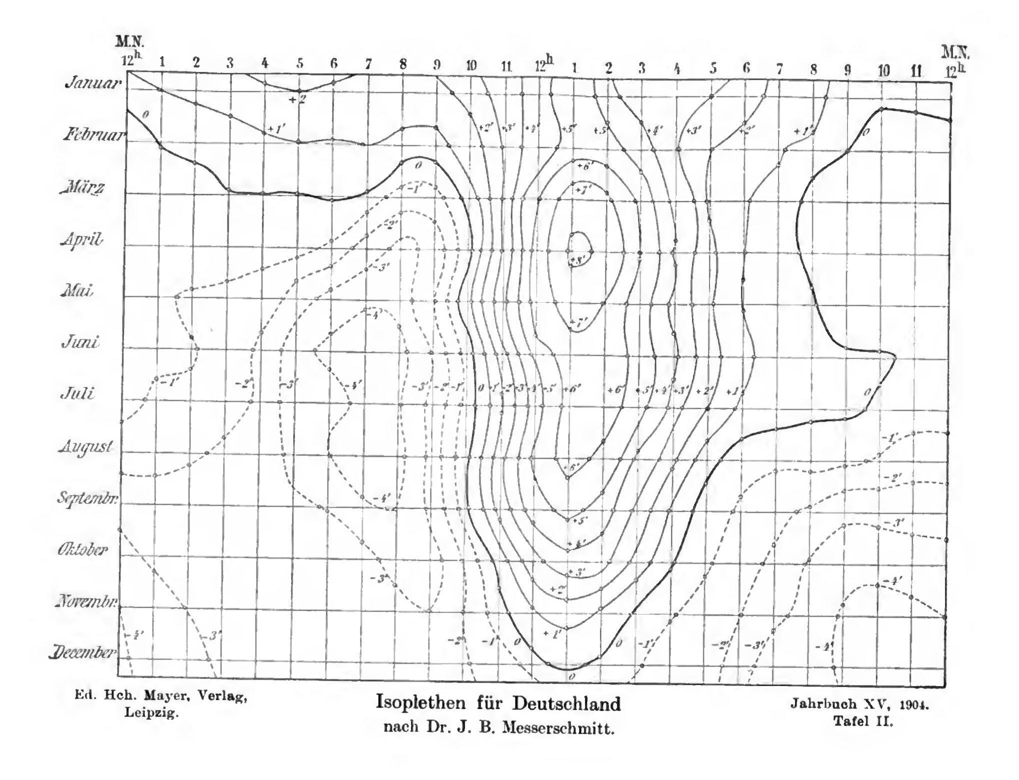
Dabei bedeutet + die westliche und — die östliche Abweichung vom Tagesmittel.

Außer diesen regelmäßigen Schwankungen erleidet aber die Deklinationsnadel noch unregelmäßige Störungen, wodurch der Charakter der Kurve und die Größe der Amplitude geändert wird. Bei einzelnen, besonders stark gestörten Tagen können Schwankungen vorkommen, die 1° übersteigen. Solche Störungen treten erfahrungsgemäß häufiger am späten Nachmittage und in den Abendstunden auf, während sie um die Mittagszeit seltener vorkommen.

Die Observatorien leiten aus ihren Beobachtungen die Jahresmittel aus den Ablesungen der stündlichen Werte aller Tage ab. Dieses gilt also für die Jahresmitte. Es ist daher wichtig, zu wissen, wie weit zu jeder Jahres- und Tageszeit die Mißweisung von diesem Mittelwerte abweicht. Darüber gibt eine Isoplethentafel (Tafel II) Aufschluß, welche nach den zehnjährigen Registrierbeobachtungen des Potsdamer Observatoriums der Jahre 1890 bis 1899 entworfen worden ist. Hierin sind als Ordinaten die Tagesstunden (mittlere Ortszeit) und als Abszissen die Tage genommen worden, und zwar bedeuten die ausgezogenen Linien jeweilen die Mitte des betreffenden Monates.

	Winter (November, Dezember, Januar, Februar)	Frühling und Herbst (März, April, September, Oktober)	Sommer (Mai bis August)
Mitternacht	— 1'	— 1'	— 1'
2 a. m.	— 0.5	— 1	— 1
4 a. m.	0	— 1	— 1.5
6 a. m.	0	— 1	— 3
8 a. m.	— 0.5	— 2.5	— 3.5
10 a. m.	+ 0.5	— 1	0
Mittag	+ 2	+ 3.5	+ 4
2 p. m.	+ 2	+ 4	+ 5
4 p. m.	+ 0.5	+ 2	+ 2.5
6 p. m.	0	0	0
8 p. m.	— 1	— 0.5	0
10 p. m.	— 1·5	— 1	— 0.5
Mitternacht	— 1	— 1	— 1

Die Kurven stellen also den täglichen Gang, behaftet mit der säkularen Änderung, dar. Da in unsern Gegenden die westliche Deklination jährlich abnimmt, so ist die beobachtete Mißweisung am Anfange des Jahres durchschnittlich größer und am Ende des Jahres kleiner als der Mittelwert. Liest man die Tafel von links nach rechts in horizontaler Richtung, so erhält man die täglichen Schwankungen, von oben nach unten die Schwankungen der Magnetnadel zur selben Stunde in den verschiedenen Jahreszeiten. In bezug auf das tägliche Maximum um 1 Uhr nachmittags herrscht eine gewisse Symmetrie,



Isoplethen für Deutschland
nach Dr. J. B. Messerschmitt.

Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Jahrbuch XV, 1904.
Tafel II.

doch drängen sich die Kurven am Vormittage enger zusammen als am Nachmittage. In dieser Beziehung ist eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Verlaufe der täglichen Temperaturschwankungen nicht zu verkennen. Die geringsten Änderungen finden in den Nachtstunden statt, also zu einer Zeit, wo im allgemeinen die Praxis den wenigsten Vorteil davon hat; außerdem hat die kalte Jahreszeit den Vorzug vor der warmen.

Für die meisten praktischen Zwecke dürfte die Tafel, die genügend genau in ganz Deutschland und auch in Österreich und in der Schweiz gilt, ausreichen. In denjenigen Fällen jedoch, wo es ausnahmsweise auf einen besondern Genauigkeitsgrad ankäme, mußte schon auf die registrierenden Beobachtungen der magnetischen Observatorien zurückgegriffen werden.

Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft im Pariser Becken. Th. Moureaux hat[1]) hat diese aus den Beobachtungen an 130 Stationen, die sich über zwölf Departements verteilen, rechnerisch abgeleitet und in Karten niedergelegt. Die Karte der Deklination D zeigt, daß alle Abweichungen positiv im Osten und negativ im Westen von einer Linie sind, die, von Fécamp ausgehend, sich nach Moulins im Südosten wendet und den geographischen Meridian unter 30° schneidet. Auf dieser Linie selbst sind die Abweichungen Null, Beobachtung und Rechnung decken sich hier. Da in Frankreich die Deklination westlich ist und von Ost nach West zunimmt, erkennt man aus dem Sinne der Abweichungen, daß der Nordpol der Magnetnadel nach der bezüglichen Linie angezogen wird. Die störende Kraft äußert sich also auf dieser Anziehungslinie an einem oder mehrern noch zu bestimmenden Punkten.

Die Abweichungen der Horizontalkomponente H gruppieren sich gleichfalls nach ihrem Vorzeichen in bestimmte Zonen. Die positiven Abweichungen bilden drei Zonen, zwischen denen solche mit negativen Abweichungen gelegen sind. Alle drei können durch geschlossene Kurven umgrenzt werden, auf denen die Abweichungen Null sind, und welche die für D bestimmte Anziehungslinie an zwei Punkten schneiden. Diese Punkte haben, da normal H von Süden nach Norden abnimmt, im Süden der positiven Zone eine andere Bedeutung als im Norden; der nördliche Schnittpunkt ist ein Anziehungspunkt, an dem das Zentrum der Anomalie liegen muß; und da dieses Zentrum auf der Anziehungslinie für D sich befindet, so bilden diese Schnittpunkte der Nordgrenze der drei Zonen mit positiver Abweichung von H ebenso viele Zentren der Anomalie, deren ungefähre Lagen in der Nähe von Rouen, an der Grenze zwischen den Departements Eure und Seine-et-Oise und zwischen Sancerre und Aubigny angegeben werden.

Die Karte der Abweichungen der Vertikalkomponente Z bestätigt diese Hypothese. Nimmt man an, daß im Innern der Erde eine An-

1) Compt. rend. **137.** p. 918.

ziehungskraft unterhalb eines jeden dieser Punkte wirkt, so müssen an diesen Punkten die größten positiven Abweichungen von Z beobachtet werden, und in der Tat gruppieren sich die Abweichungen zu Zonen um diese Anziehungspunkte. Wenn die Beobachtungen hiermit nur für Rouen ziemlich übereinstimmen und nicht auch für die beiden andern Zonen, so ist zu beachten, daß hier von Punkten die Rede war, während es sich in der Wirklichkeit um mehr oder weniger ausgedehnte Gebiete handeln wird, deren genaue Feststellung erst durch weitere Beobachtungen möglich sein wird. Die Schlüsse, die man aus der Vergleichung der drei Elemente D, H und Z ziehen kann, werden bestätigt durch die Diskussion der Beobachtungen über die Gesamtkraft, deren Abweichungen sich ziemlich so wie die der Vertikalkomponente verteilen.

„Nimmt man an," sagt Moureaux, „daß die Anomalie des Pariser Beckens der Wirkung magnetischer Gesteine zugeschrieben werden kann, dann würde die obere Grenze der störenden Masse sich als das Relief eines Gebirges darstellen, das bedeckt ist durch rezentere Erdschichten, mit Gipfeln und Rücken an den Punkten oder den Zonen, welche durch die Betrachtung der Anomalien der magnetischen Elemente als Anziehungszentren bezeichnet worden sind."

Die Änderung des horizontalen erdmagnetischen Feldes mit der Höhe über dem Meeresspiegel ist von A. Pochettino untersucht worden.[1]) Nach der Gaußschen Theorie, welche die Ursache des Erdmagnetismus im Innern des Erdkörpers voraussetzt, läßt sich die Abnahme der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus berechnen, aber der Vergleich der Rechnung mit einigen Messungen ergab die wirkliche Abnahme bedeutend größer als die theoretisch berechnete. Nach einigen frühern Versuchen an weniger geeigneter Stelle hat nun Pochettino im Oktober 1902 in den Grajischen Alpen an zwei nicht weit voneinander entfernten, aber in Höhe um 2500 *m* verschiedenen Punkten genaue Messungen ausgeführt. Dieselben ergaben im Mittel für den Gradienten der Horizontalkomponente mit der Höhe etwa 0.0004 C. G. S. pro 1000 *m*, ein Wert, der mit dem früher gefundenen ziemlich gut übereinstimmt. Somit ist erwiesen, daß die Horizontalkomponente abnimmt mit der Erhebung der Beobachtungsstation über den Meeresspiegel. Der gefundene Wert ist aber kleiner als der früher von Kreil (0.001 47), größer als der von Liznar (0.0003 bei einer Niveaudifferenz von 400 *m*) und der von Sella (0.0002, unter der Einwirkung magnetischer Gesteine) gemessene.

Die Abhängigkeit des täglichen Ganges der erdmagnetischen Elemente in Batavia vom Sonnenfleckenstande ist von Prof. J. Liznar nachgewiesen worden.[2])

[1]) Rendiconti R. Accad. dei Lincei [5] **13**. p. 96.
[2]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 194.

Auf Grundlage des am magnetisch-meteorologischen Observatorium in Batavia gewonnenen 16-jährigen Beobachtungsmateriales hat er die Änderung des täglichen Ganges der drei Komponenten mit dem Fleckenstande der Sonne sowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Monaten untersucht. Es hat zwar Prof. Ad. Schmidt schon vor 16 Jahren eine diesbezügliche Untersuchung veröffentlicht; allein da er hierbei nur $7\frac{1}{2}$-jährige Beobachtungen von Wien und $4\frac{1}{2}$-jährige von Batavia verwenden konnte, so schien es angezeigt, das jetzt vorhandene reichhaltigere Beobachtungsmaterial zu diesem Zwecke zu verwenden. Da die Publikation des obengenannten Observatoriums auch die Amplituden und Phasenwinkel der ersten zwei Glieder der Besselschen Formel enthält, so hat Liznar diese Größen als Funktionen der Sonnenfleckenrelativzahlen ausgedrückt. Dabei ergab sich, daß sie nicht einfach proportional der Relativzahl gesetzt werden können, sondern daß diese Abhängigkeit etwas komplizierter ist.

Durch diese Arbeit werden die von Ad. Schmidt gewonnenen Resultate vollinhaltlich bestätigt, und es wird gezeigt, daß mit wachsender Fleckenzahl nicht nur die Amplituden, sondern auch die Phasenwinkel geändert werden (die letztern werden kleiner). Aus diesem Grunde ist der zu verschiedenen Zeiten an einem und demselben Orte oder auch an verschiedenen Punkten ermittelte tägliche Gang nur dann vergleichbar, wenn er auf eine bestimmte Periode reduziert werden kann, was auf dem in der Abhandlung gegebenen Wege leicht durchzuführen ist.

Das sehr wichtige Ergebnis, daß bei größerm Fleckenstande die den täglichen Gang hervorbringende Ursache nicht einfach eine Verstärkung erfährt, sondern daß einer stärkern Fleckenfrequenz ein eigener täglicher Gang entspricht, ein Resultat, das auch Ad. Schmidt gefunden und betont hat, gab dem Verfasser Veranlassung, diesen Gang für das Jahr 1893, in welchem die Relativzahl den größten Wert während der ganzen Beobachtungsreihe (1884 bis 1899) erreicht hat, zu berechnen.

Eine eingehendere Diskussion der gewonnenen Ergebnisse scheint erst dann angezeigt, wenn auch für andere Orte ähnliche Untersuchungen vorliegen werden.

Die großen magnetischen Störungen Ende Oktober 1903. Am 31. Oktober traten in ganz Mitteleuropa ungemein starke und lange dauernde Störungen des Telegraphenbetriebes infolge des Auftretens von elektrischen Erdströmen ein, gleichzeitig mit Störungen der elektromagnetischen Instrumente und dem Auftreten von Nordlichtern. Die Störungen im Telegraphenbetriebe begannen schon um Mittag und waren gegen 4 Uhr nachmittags so stark, daß der Betrieb auf allen längern Telegraphenlinien eine Zeitlang völlig unterbrochen war. Die Richtung der störenden Erdströme war anfangs nordsüdlich, später südwestlich-nordöstlich, und sie verschwanden

gegen 9 Uhr abends. Solche Erdströme sind schon früher beobachtet worden. Der erste, welcher sich mit der Untersuchung derselben beschäftigte, scheint George Airy in Greenwich gewesen zu sein. Er entdeckte in Drähten, die er in verschiedenen Richtungen in der Nähe des Observatoriums anbrachte, das Vorhandensein solcher Strömungen, die bald in dieser, bald in jener Richtung fortschritten. Es ist nun leicht zu verstehen, daß in einem Telephon- oder Telegraphendrahte, der von diesen Erdströmungen durchflossen wird, dadurch die Telegramme mit Leichtigkeit überwältigt werden können, also die telegraphischen Zeichen ausbleiben oder unverständlich werden.

Die erdmagnetischen Störungen begannen auf dem erdmagnetischen Observatorium zu Potsdam am 31. Oktober 7 Uhr (M. E. Zeit) morgens und dauerten bis in die Nachtstunden. Es waren die stärksten Störungen, die am erdmagnetischen Observatorium zu Potsdam seit seiner Errichtung vor 14 Jahren beobachtet worden sind. Die Schwankung der frei aufgehängten Magnetnadel überstieg den für mittlere Breiten unerhörten Betrag von 3° und erreichte oft in wenigen Minuten das Mehrfache des Wertes, den sie bei der gewöhnlichen, regelmäßigen Bewegung der Nadel im Laufe des ganzen Tages aufweist. Um die Bedeutung dieser Tatsache recht zu würdigen, muß man bedenken, daß es sich bei derartigen magnetischen Stürmen oft, besonders bei solchen ungewöhnlich starken, fast stets um Vorgänge handelt, die im gleichen Augenblicke überall einsetzen und den ganzen Erdball beeinflussen. Solches zeigt sich auch im Auftreten von Polarlichtern, die fast immer mit erdmagnetischen Störungen zusammen sichtbar werden. Auch am 31. Oktober zeigte sich abends ein Nordlicht, das freilich wegen der ungünstigen Witterung nur an wenigen Orten gesehen worden ist. Ein kenntnisreicher Beobachter, Herr Jakob Meller in Osterath, sah die Erscheinung trotz des Mondlichtes sofort nach Dunkelwerden und beobachtete sie über eine Stunde lang. Die Strahlen des Nordlichtes reichten nach seinen Angaben fast bis zum Scheitelpunkte.

Zugleich mit diesen Störungen haben gewaltige Vorgänge auf der Sonne stattgefunden, indem eine sehr große Gruppe von Flecken sich entwickelt hat. Denning in Bristol schätzt ihre Ausdehnung auf mehr als 70 000 engl. Meilen. Ein einzelner großer Fleck stand am 31. Oktober nahe auf der Mitte der Sonnenscheibe. Schon in frühern Jahren ist das Auftreten starker Erdströme und überhaupt elektromagnetischer Störungen gleichzeitig mit dem Sichtbarwerden großer Sonnenflecke festgestellt worden. Ein Parallelismus in der Intensität gewisser magnetischer Schwankungen und der Zahl der Sonnenflecke wurde schon vor Jahrzehnten von dem Züricher Astronomen Wolf nachgewiesen und hat sich bis jetzt ausnahmslos bestätigt. Prof. Oliver Lodge in Birmingham führt die Erdströme lediglich auf eine Einwirkung der Sonne zurück, wobei er die neue Theorie der Ionen und Elektronen herbeizieht. Hiernach schleudert die Sonne eine

unermeßliche Zahl kleiner Partikelchen von sich, die, wo sie die Erde nicht treffen, mit einer so großen Geschwindigkeit daran vorbeisausen, daß sie einen elektrischen Einfluß ausüben. Die Geschwindigkeit dieser Partikelchen beträgt etwa ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Einen mechanischen Effekt haben diese Partikelchen, die nur Atome sind, nicht, aber sie üben einen störenden Einfluß auf die Telegraphie und alle für Elektrizität empfindlichen Instrumente aus. Sie sind nicht im geringsten gefährlich, obgleich ihr Einfluß viel größer ist, als man früher wußte. Eine Folge dieses Vorganges ist auch das Polarlicht.

Erdbeben.

Der gegenwärtige Standpunkt der Erdbebenkunde als Wissenschaft war von A. Sieberg in einem größern Werke zur Darstellung gebracht.[1]) Was die Formen der Bodenbewegung anbelangt, so werden deren nach Prof. Gerland folgende unterschieden:

1. Bradyseismische Bewegungen, bestehend in langsamen Niveauverschiebungen, durch welche Abweichungen von der normalen Lotlinie hervorgerufen werden. Sie können entstehen durch die Einwirkung der Sonnen- und Mondanziehung, Temperatur- und Barometerschwankungen und Bodenhebungen oder -senkungen, sind aber nur an sehr feinen Instrumenten nachweisbar.

2. Tachyseismische Bewegungen. Dieselben zerfallen in

a) mikroseismische, nur an Instrumenten erkennbare Störungen, deren Ursache Wind, Luftdruckänderungen, Meereswellen, menschlicher Verkehr usw. sein können. Auch gehen sie stärkern Erdbeben voraus und können anderseits durch entfernte Erdbeben hervorgerufen werden, deren Wellen sich durch und über die Erde ausbreiten.

b) makroseismische Bewegungen, wozu alle unmittelbar (ohne Instrumente) wahrnehmbaren Erdbewegungen gehören. Sie gehen allerseits von einem Punkte an der Erdoberfläche aus, den man Epizentrum nennt, und die sie bildende Bewegung der Erdoberfläche setzt sich aus einer vertikalen und horizontalen Komponente zusammen. Die erstere ist am stärksten unmittelbar im Epizentrum und dessen nächster Umgebung, wo sie sich als Stoß (sukkussorische Bewegung) fühlbar macht, und nimmt von dort nach allen Seiten hin ab, während die vom Epizentrum ausgehenden Bodenwellen der Oberfläche (die undulatorischen Bewegungen) an Wahrnehmbarkeit zunehmen. Letztere bestehen indessen, wie erwähnt, in Elastizitätsschwingungen. Rotatorische Bewegungen des Bodens, an die noch A. v. Humboldt glaubte, gibt es nicht.

Die Bodenerschütterungen, welche man als Erdbeben bezeichnet, haben ihren Ausgangspunkt im Innern unseres Planeten, und sie rufen makroseismische Bewegungen an der Oberfläche hervor, die in gewissen Gegenden häufiger sind als in andern. Sieberg gibt nach den Zusammenstellungen von F. de Montessus de Ballore folgende Tabelle (S. 150) der Schüttertätigkeit der ganzen Erdoberfläche.

Was die einzelnen Schüttergebiete anbelangt, so ist bezüglich Europas folgendes zu bemerken:

Deutschland hat häufige Erdbeben, aber dieselben sind, soweit die Geschichte reicht, stets schwach gewesen; Katastrophen haben hier niemals statt-

---

[1]) Handbuch der Erdbebenkunde von A. Sieberg. Braunschweig 1904.

gefunden. Die norddeutsche Tiefebene ist praktisch erdbebenfrei, während die sächsisch-böhmische Tafel und ihre Umrandungen, besonders das Vogtland, wohl die seismisch regsamste Gegend von Mitteleuropa bezeichnet.

Stark seismisch erregt ist das ganze Rheintal, besonders die Gegend von Herzogenrath (im Steinkohlengebiete bei Aachen) und die von Groß-Gerau (in Hessen).

Griechenland wird überaus häufig von Erdbeben heimgesucht, davon besonders die Ionischen Inseln.

Italien ist nächst Griechenland das erdbebenreichste Gebiet Europas. „Am größten," sagt Sieberg, „ist die seismische Unruhe auf den Haupthöhenzügen des Apennins; die Hauptschüttergebiete decken sich mit dem ligurisch-etrurischen, dem römischen Apennin, dem Gran Sasso-Majella-Matesestock und gehen von letzterm, Apulien beiseite lassend, nach Kalabrien und Sizilien. Zwischen der Ost- und Westseite der Halbinsel bestehen beträchtliche Gegensätze; erstere ist das bewegtere, dagegen die westliche trotz der Vulkane das

	Zahl der seismisch tätigen Gebiete	Zahl der als Epizentrum bekannten Orte	Zahl der bekannten Erdbeben überhaupt	Mittlere jährliche Häufigkeit ermittelt durch		
				gelegentliche Beobachtungen	systematische Beobachtungen	instrumentelle Messungen
Polargebiete	3	36	149	5.56	—	—
Europa	177	5008	61 717	84.62	731.54	1206.34
Asien	102	2426	27 562	101.82	631.83	—
Afrika	38	382	2 855	69.28	—	—
Nordamerika	54	1271	16 598	67.43	279.67	217.77
Südamerika	23	310	8 081	21.16	143.64	—
Inseln des Stillen Ozeans (Ozeanien)	54	1066	14 330	0.45	268.83	—
Insgesamt	451	10499	131 292	350.32	2055.51	1424.11
				3829.94		

ruhigere, ja stellenweise ganz verschonte Gebiet. Überhaupt zieht sich zwischen den vorbesprochenen primären Gebieten fast durch das ganze Land hin ein ununterbrochenes sekundäres Gebiet."

Die Schweiz wird häufig erschüttert, namentlich die großen Längstäler von Wallis und Engadin, ferner das Rhone-, Oberinn- und Etschtal.

Österreich-Ungarn hat bemerkenswerte Schüttergebiete in den Alpenländern und im Karst.

Frankreich. Hier sind es vorzugsweise die Seealpen, dann die westlichen Teile der Pyrenäen, hierauf die Gebiete zwischen Alpen und Rhone, die oft erschüttert werden.

Großbritannien ist nicht selten von Erdbeben betroffen worden, doch waren dieselben stets unbedeutend.

Skandinavien ist ziemlich erdbebenreich, in Norwegen besonders die Gegend der Lofoten. Sehr oft erschüttert wird die Insel Island.

Rußland, Belgien, Holland sind arm an Erdbeben. Nur im südöstlichen Grenzgebiete Belgiens kommen solche häufiger vor.

Was die fremden Erdteile anbelangt, so sind dieselben bezüglich ihrer Seismizität natürlich weniger durchforscht als Europa. Neben zahlreichen Einzelheiten gibt Sieberg folgende allgemeine Charakteristik derselben:

Asien. „Am häufigsten sind die Erdbeben im Westen, d. h. in Kleinasien und der Gegend südlich vom Kaspisee. Ferner werden oft erschüttert die Arabische Halbinsel, das Quellenland des Ganges und Kabul, ebenso das Gebiet zwischen dem obern Indus und Ganges, die Westküste von Vorder- und Hinterindien und die vulkanischen Inseln (Ozeanien) von Java bis nach Neuguinea hin.

Kein Land der Erde ist aber so häufig Erdbeben ausgesetzt als Japan. Schwächere Erdstöße sind dort an der Tagesordnung und werden kaum beachtet; aber in verhältnismäßig kurzen Zwischenzeiten brechen Katastrophen der schrecklichsten Art herein. Für die unglaublich große Bebenhäufigkeit dieses Inselreiches spricht beredt der Umstand, daß die dortige Geschichte seit dem Jahre 415 n. Chr. nicht weniger als 223 verwüstende Erdbeben mitteilt; in der neuern Zeit haben 26 Stationen (die älteste besteht seit 27, die jüngste seit 3 Jahren) insgesamt 18 279 seismische Beobachtungen geliefert, und allein in der Hauptstadt Tokyo zählte man während der letzten 24 Jahre 2173 Beben, d. h. jeden vierten Tag eins, während der mittlere Jahresdurchschnitt für das gesamte Inselreich 605 Erdbeben beträgt.

Afrika. Als Erdbebengegenden sind nur bekannt die Küstengebiete des Mittelmeeres, Ägypten, Abessinien, namentlich die Gebiete Nyassa — Tanganjika — Albertsee, ferner in sehr geringem Maße das Kapland, die Guineaküste und endlich die Inselwelt, namentlich die Azoren und Kanaren. Überhaupt sind von dem ganzen afrikanischen Kontinente, abgesehen von den Berberstaaten, nur 195 Erdbeben bekannt geworden, welche sich auf 64 Ortschaften verteilen; dies wird wohl auch zum Teile seinen Grund darin haben, daß der größte Teil Innerafrikas noch zu wenig und noch nicht lange genug bekannt ist. Weiterhin entfallen auf die Berberstaaten 915 Beben an 135 Orten, die Inseln des Atlantischen Ozeanes (Azoren allein 1444 an zwölf Orten) insgesamt 1704 Beben an 162 Orten, die Inselwelt des Indischen Ozeanes 57 Beben an 29 Orten.

Nordamerika. Hier sind namentlich das Mississippi- und Ohiotal, sowie Kalifornien die bekanntesten Schüttergebiete.

Südamerika ist am reichsten mit Erdbeben bedacht, vor allem die Nordküste von Caracas, ferner Peru, Chile und die ganze Andenkette; einige der dortigen Erdbeben spielen in der Erdbebenliteratur wegen ihrer unheilvollen Wirkungen eine hervorragende Rolle.

Australien und Polynesien. Das Festland ist von Erdbeben ziemlich verschont. Zahlreich sind sie dagegen auf den Inseln des Stillen Ozeanes, welche fast sämtlich vulkanischen Ursprung haben; besonders Neuseeland, ferner die Sandwich- und Freundschaftsinseln, die nördlichen Marianen, der Bismarckarchipel und Neuguinea sind durch große Bebenhäufigkeit ausgezeichnet, die sich auf eine Fläche von etwa 1 Million Quadratmeilen erstreckt. Aufzeichnungen besitzt man von etwa 1840 Erdbeben, welche von 81 über sieben verschiedene Gebiete zerstreuten Ortschaften zur Beobachtung gelangten.

Über die Erdbebenverhältnisse in den Polargegenden ist nichts Näheres bekannt.

Die Einteilung der Erdbeben in verschiedene Klassen hängt aufs engste mit den Vorstellungen zusammen, die man sich von der Entstehungweise derselben machte.

Gegenwärtig unterscheidet man: Vulkanische Beben, Einsturzbeben und tektonische Erdbeben und gibt damit gleichzeitig Vorstellungen von der Entstehungsweise derselben, wobei aber nicht zu vergessen ist, daß diese Deutungen in jedem Falle hypothetisch sind, da es nicht möglich ist, direkt bis zum Herde der Erscheinung vorzudringen.

Die vulkanischen Erdbeben tragen stets einen örtlichen Charakter; das Gebiet, auf dem sie sich fühlbar machen, ist immer beschränkt. Häufig bilden sie die Vorzeichen des Wiederauflebens der Tätigkeit eines Vulkanes, doch kommen sie auch in der Umgebung längst erloschener Vulkane vor.

Die Einsturzbeben entstehen durch Zusammenbruch unterirdischer Hohlräume, vor allem solcher, die vom Wasser ausgewaschen wurden. Solche Höhlen entstehen dort, wo Kalk-, Gips- oder Steinsalzlager vom Wasser fortgeführt wurden. Die durch den Zusammenbruch solcher Höhlen entstehenden Bodenerschütterungen sind natürlich ebenfalls sehr örtliche Erscheinungen, können aber unter Umständen doch heftig auftreten.

Die tektonischen Erdbeben (Dislokationsbeben) zeichnen sich aus durch ein großes Schüttergebiet, lange Zeitdauer und Gebundensein an bestimmte Linien. Man nimmt an, daß sie durch Lagenänderungen von Teilen der festen Erdrinde hervorgerufen werden (Faltungen, Verschiebungen und Verwerfungen, Senkungen usw.), welche die Folge von Auslösungen der Spannungszustände der Erdkruste sind.

Gegenden, in denen Erdbeben häufig zuerst auftreten, nennt man habituelle Stoßgebiete, und in diesen kommen weiter habituelle Stoß- und Schütterlinien vor. Diese sind dann oftmals noch von untergeordneten Nebenstoßlinien mehr oder weniger senkrecht durchquert.

Die von Perrey, Sueß und Hoernes aufgestellte Behauptung, daß in manchen seismisch sehr unruhigen Gegenden das Epizentrum der Beben die Tendenz zeige, im Laufe der Zeit nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, ist zu wenig sicher begründet, um sich mit einer Deutung derselben abzugeben.

Bisweilen kommen außerhalb des Gebietes eines Hauptbebens gleichzeitig mit diesem sekundäre Erschütterungen vor. Man bezeichnet diese als Relais- oder Simultanbeben. Wan kann annehmen, daß sie durch die Hauptbeben ursächlich ausgelöst wurden.

Der Erdbebenherd (das Hypozentrum) ist uns stets unzugänglich, und was darüber bis jetzt behauptet wird, völlig hypothetisch. Selbst die am nächsten liegende Frage nach der Tiefe, in welcher sich dieser Herd befindet, ist noch keineswegs befriedigend gelöst. Auch über die Gestalt des Herdes weiß man nichts Zuverlässiges. Man nahm ihn meist einfach als Punkt an, in Wirklichkeit ist er aber wohl eine Fläche im Erdinnern (eine Dislokationsfläche im Sinne von Sueß). J. Milne hat die Epizentren der großen Erdbeben, welche in den Jahren 1899 bis 1901 vorkamen, bestimmt und zu zwölf Gruppen vereinigt, von denen fünf auf dem Ozeane, sechs teils auf dem Ozeane, teils auf dem Festlande und eine ausschließlich auf dem Festlande liegt. Letztere erstreckt sich über das Gebiet Alpen-Balkan-Kaukasus-Himalaya. Die ganze Gruppierung ist natürlich sehr hypothetisch und keineswegs frei von Willkürlichkeit.

Die Fortpflanzung der Bodenbewegung geschieht vom Sitze des Herdes in allseitig wachsenden Kugelwellen mit meßbarer Geschwindigkeit, bis die Bewegungsenergie im Innern oder an der Oberfläche der Erde durch Reibung und Stoß in Wärme umgewandelt ist. „Jeder Punkt des Erdinnern dient, solange er bewegt wird, als Durchgangspunkt der wandernden Energie und leitet dieselbe in derjenigen Richtung fort, in welcher die Welle vorwärts schreitet; somit wird er zu einem selbständigen Zentrum, von welchem aus sich sein Energieanteil allseitig ausbreitet, und die Gesamtwelle besteht aus dem Zusammenwirken der unendlich vielen Elementarwellen (Huygenssches Prinzip).“

Derjenige Punkt der Erdoberfläche, an welchem die vom Herde ausgehenden kugelförmigen Erdwellen zuerst die Erdoberfläche erreichen, der also senkrecht über dem Herde liegt, ist das Epizentrum oder der Oberflächenmittelpunkt des Bebens. Hier macht sich letzteres meist als sukkussorische Bewegung bemerkbar. Während vom innern Herde des Bebens longitudinale Kugelwellen durch die Erde ausgehen, bildet das Epizentrum den Ausgangspunkt von transversalen Oberflächenwellen, die mit abnehmender Kraft sich weiter über die Erdoberfläche ausdehnen. Die auf den Wellenflächen (homoseistische Flächen) senkrechten Linien im Erdinnern nennt man Stoßstrahlen, und sie zeigen die Richtung an, nach welcher die Energie sich fortpflanzt. Der Winkel, welchen der Stoßstrahl mit der Erdoberfläche bildet, heißt Emergenz-

winkel. Die unmittelbare Umgebung des Epizentrums an der Erdoberfläche bildet das primäre Schüttergebiet, und dieses wird bis in eine gewisse Entfernung ziemlich ringförmig von dem sekundären Schüttergebiete umgeben. Direkte Bodenstöße finden nur im primären Schüttergebiete statt, während nur die von diesem ausgehenden Bewegungen im sekundären Schüttergebiete unmittelbar gefühlt werden. Außerhalb der Zone des letztern sind die Bodenschwingungen nur noch mit Hilfe von Instrumenten wahrnehmbar, und man spricht hier von Fernbeben. Die Dauer der Erdbebenstöße umfaßt selbst bei sehr starken Erschütterungen nur selten drei Sekunden, bei schwachen kaum eine Sekunde. Die längern Wellen am Schlusse einer größern Erschütterung können bis zu vier Sekunden Dauer haben, sind sie länger, so können sie unmittelbar nicht mehr wahrgenommen werden. Die Richtung der Stoßstrahlen ist, wie zuerst A. Schmidt nachgewiesen hat, keineswegs eine gerade Linie, sondern wegen der mit der Tiefe zunehmenden Dichte und Elastizität der Schichten eine krumme, nach der Tiefe hin konvexe Linie (eine Conchoide oder Muschellinie). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen nimmt infolge der erwähnten Beschaffenheit der Erdschicht nach unten hin rasch zu, nach oben hin ab. Infolgedessen bilden diese Wellen keine konzentrischen, kugelförmigen, sondern exzentrische Flächen um den innern Herd. Errichtet man in den Punkten, in welchen die Homoseisten die Erdoberfläche schneiden, senkrechte Linien, trägt auf diesen Stücke ab, deren Länge (Höhe) den Zeiten proportional ist, um welche in diesen Punkten die Erschütterung später erfolgt als im Epizentrum, und verbindet diese Endpunkte durch eine Linie, so erhält man den Hodographen des Bebens. Diese hodographische Linie spielt in den Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Herdtiefe des Erdbebens eine wichtige Rolle. Diese Linie ist im Epizentrum eine Strecke weit horizontal, steigt dann und ist nach unten konvex; an einer gewissen Stelle (dem Wendepunkte) geht die konvexe Krümmung in die entgegengesetzte (nach unten konkave) über, und die Linie steigt dann immer langsamer, bis sie zuletzt horizontal verläuft. Derjenige Stoßstrahl, welcher den Herd des Bebens (das Hypozentrum) im Erdinnern in horizontaler Linie verläßt, trifft, indem er sich gekrümmt fortbewegt, die Erdoberfläche in einem Punkte, der, wie Prof. Schmidt mathematisch nachgewiesen hat, genau senkrecht unter dem Wendepunkte der hodographischen Kurve liegt. Prof. Schmidt hat ferner gezeigt, daß das Erschütterungsgebiet an der Erdoberfläche in zwei Zonen zerfällt, nämlich einen innern Kreis, für welchen die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit vom Epizentrum aus abnimmt, und um diesen einen Ring, für welchen sie nach außen hin unbegrenzt, aber mit entsprechend abnehmender Intensität zunimmt. Der innere Kreis ist das Gebiet der direkten Stoßstrahlen, der äußere Ring ist das Gebiet der durch Brechung aus der Tiefe zurückkehrenden Erdbebenenergie. Die kleinste scheinbare Oberflächengeschwindigkeit, welche an der Grenze zwischen beiden Zonen stattfindet, ist ein Maß für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in der dunkeln Tiefe des Hypozentrums. Je geringer die Herdtiefe ist, um so kürzer ist der nach unten konvexe Teil des Hodographen und um so kleiner gleichzeitig die innere Zone des Erschütterungsgebietes. Die Herdtiefe ist ferner stets kleiner als der Radius vom Epizentrum bis zu dem Punkte senkrecht unter dem Wendepunkte des Hodographen. In ähnlicher Weise ist es mit Hilfe des Hodographen möglich, einen Minimalwert für die Tiefe des Herdes zu ermitteln. So ergibt sich für das Sinjaner Erdbeben vom 2. Juli 1898 aus dem von A. Faidiga konstruierten Hodographen eine Herdtiefe von wenigstens 371 und höchstens 390 *km*.

Verbindet man auf einer Karte alle Orte, an denen ein Erdbeben im gleichen Augenblicke verspürt wurde, durch Linien, so erhält man ein System von Linien, welche Homoseisten genannt werden. Sie lehren unmittelbar die Ausbreitungsform des Schüttergebietes auf der Erdoberfläche kennen, und man findet, daß diese meist ziemlich kreisförmig oder elliptisch ist; nur sehr

selten erstreckt sich das erschütterte Gebiet einseitig von dem Erregungspunkte aus. Nicht immer ist das Epizentrum eine kleine Fläche, sondern bei manchen Erdbeben kommt man auf die Vorstellung von Linien, die E. Harboe als Erdbebenherdlinien bezeichnet.

Was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbeben anbelangt, so muß man zwischen wahrer Geschwindigkeit des Stoßstrahles, um welchen die Welle in der Zeiteinheit weiterrückt, und scheinbarer Oberflächengeschwindigkeit, d. h der gegenseitigen Entfernung zweier Homoseisten pro Zeiteinheit, unterscheiden. A. Schmidt hat gezeigt, daß diese scheinbare Oberflächengeschwindigkeit mindestens gleich der Wellengeschwindigkeit im Hypozentrum und mit dieser veränderlich ist. Nach den sehr genauen Untersuchungen von A. Imamura betrug die durchschnittliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Nachbeben in Japan 1895 bis 1898 3.38 ± 0.05 *km* pro Sekunde.

Die Intensität der Erdbeben macht sich unmittelbar in der Größe der dadurch angerichteten Verheerungen, den Zerstörungen von Städten, Entstehung von Spalten, Bergstürzen usw. kund. De Rossi und Forel haben eine empirische Skala für diese Intensität aufgestellt, welche zehn Grade umfaßt, anhebend mit der mikroseismischen Bewegung als erste Stufe, während die Erschütterung von Möbeln, Anschlagen von Glocken usw. die Stufe 5 bezeichnet und Stufe 10 der Heftigkeit von Erdbeben entspricht, welche den Umsturz ganzer Städte hervorrufen. Nach den Untersuchungen von F. Omori bleibt bei leichten und schwachen Erdbeben die durchschnittliche größte Bewegung jedes Bodenteilchens unterhalb 1 *mm*. Wenn die Bewegung auf etwa 10 *mm* anwächst, wird das Beben zu einem starken, und es verursacht immerhin schon geringen Schaden. Sobald die Bewegung 5 bis 6 *cm* erreicht, beginnen die eigentlichen zerstörenden Wirkungen, welche Ziegelbauten, Kamine usw. erheblich beschädigen. Bei etwa 15 *cm* Bodenbewegung hat man es mit sehr heftigen Erdbeben zu tun.

Werden die Gegenden, welche nahezu die nämliche Intensität eines Erdbebens aufweisen, durch Linien verbunden, so heißen diese Linien Isoseisten, und das am stärksten erschütterte Gebiet wird das pleistoseistische genannt.

Die Erdbebenhäufigkeit ist nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich für die einzelnen Regionen der Erde verschieden. Statistische Zusammenstellungen von Naumann, Kluge, Knott, Perrey und andern haben ergeben, daß die Erdbebentätigkeit in der kältern Hälfte des Jahres größer ist als in der warmen, und zwar gilt dies nicht nur für die nördliche, sondern (nach Kluge) auch für die südliche Erdhälfte. Wahrscheinlich findet auch eine tägliche Periode statt, indem die Beben etwas häufiger nachts als bei Tage auftreten. Besonders H. Credner betont, daß die sächsischen und mit ihnen die vogtländischen Erdbeben des Zeitraumes 1889 bis 1897 eine ausgesprochene tägliche Periode aufweisen, indem diese sich sowohl in ihrer Zahl, als auch in ihrer Stärke auf den Tagesabschnitt von 8 Uhr abends bis 8 Uhr morgens, und zwar namentlich auf die Zeit von Mitternacht bis früh 8 Uhr verdichten. „Wie schroff dieser Gegensatz der Bebentätigkeit zwischen Tages- und Nachtzeit war, erhellt am besten daraus, daß sich unter 36 sächsisch-böhmischen Erdbeben nicht weniger als 31 in der Zeit zwischen 8 Uhr abends und 8 Uhr morgens ereigneten, und von diesen wieder 21 in dem Zeitraume von Mitternacht bis 8 Uhr früh; von 21 vogtländischen Beben ist nur ein einziger, ganz örtlicher Stoß in der mittäglichen Hälfte des Tages erfolgt, während 20 in den nächtlichen Abschnitt fallen. Dabei gehören sämtliche stärkere und ausgedehntere Erdbeben der Nachtzeit an, wohingegen die fünf überhaupt am Tage erfolgten Erschütterungen an Stärke und Ausdehnung ganz in den Hintergrund treten. Zieht man nun noch in Betracht, daß gerade schwächere Beben durch den Schlaf der Bewohner häufig der Wahrnehmung entgehen, so liegt die Annahme nahe, daß sich auch bei nächtlich unausgesetzter Beobachtung das Verhältnis der zeitlichen Verteilung noch mehr zu ungunsten des Tages verschieben würde. Diese Perio-

dizität zu verallgemeinern oder einen Schluß auf deren Ursächlichkeit zu ziehen, hält Credner jedoch für verfrüht."

Die von Perrey und andern behauptete Einwirkung des Mondes auf die Erdbebenhäufigkeit ist von R. Hoernes und F. de Montessus de Ballore in Abrede gestellt worden, und Sieberg meint, daß sie heute in der Fachwelt wohl kaum mehr einen Anhänger finde. Gewiß tritt dieser Einfluß nicht so intensiv hervor, als Perrey behauptete, allein die exakten Prüfungen von Jul. Schmidt, welche alle andern statistischen Zusammenstellungen nach dieser Richtung hin bei weitem aufwiegen, ergaben, daß in dem Zeitraume von 1766 bis 1873 auf die Bahnhälfte der Erdnähe des Mondes 183 Erdbebentage mehr und auf die Bahnhälfte der Erdferne 180 Erdbebentage weniger entfallen als bei gleichmäßiger Verteilung der Erdbeben. Es kann sonach als erwiesen betrachtet werden, daß in der Erdnähe des Mondes die Erdbeben häufiger sind als in der Erdferne. Die Statistiker (außer Schmidt) haben stets einfach die Summe der beobachteten Erdbeben für die Zeit der Erdnähe und Erdferne des Mondes zusammengezählt, ohne die Dauer zu berücksichtigen, welche der Entfernung des Mondes von der Erde zwischen bestimmten Grenzen entspricht. Ihr Verfahren ist also unvollkommen und von J. Schmidt verbessert worden.

Die Einwirkung der Erdbeben auf die Oberfläche der Erde ist im einzelnen sehr verschieden. Es kommen vor: Spaltungen des Bodens, Rundlöcher, Sandkegel und Sandkrater (da, wo mächtige Wasserstrahlen oder Gasblasen emporsteigen), Geländeverschiebungen, Bergstürze und Bodensenkungen.

Die Erdbebenflutwellen sind nicht, wie man lange glaubte, eine Übertragung der vom Festlande ausgehenden Erdbebenenergie auf die ozeanischen Wassermassen, sondern nach den Untersuchungen von E. Rudolph lediglich Folgewirkungen untermeerischer Vulkanausbrüche.

Als Begleiterscheinungen der Erdbeben sind zu nennen:

a) Schallphänomene, deren Ausgangsort das Innere der Erde ist;

b) Licht- und Feuererscheinungen, diese doch sehr selten, und vielleicht auf das Entweichen brennbarer Gase aus Spalten zurückzuführen;

c) atmosphärische Störungen, der populären Meinung nach häufig mit Erdbeben verbunden, wissenschaftlich aber noch nicht erwiesen;

d) erdmagnetische Störungen, mechanische Bewegungen der Magnetnadel wohl unzweifelhaft, wirkliche Störungen der magnetischen Kraft noch nicht sicher erwiesen.

Seebeben entstehen, wenn der Meeresboden seismisch erschüttert wird. Prof. Rudolph kommt in dieser Beziehung zu folgenden Schlüssen:

1. Unterseeische Erdbeben und Vulkanausbrüche kommen in allen Meerestiefen vor, in der Flachsee wie in der Tiefsee, auf den unterseeischen Rücken wie in den eigentlichen Depressionen.

2. Die Häufigkeit und Stärke in der Äußerung der seismischen und eruptiven Kräfte ist nicht von der Entfernung von tätigen oder erloschenen Vulkanen abhängig.

3. Es gibt habituelle Stoßgebiete und ganz seebebenfreie Meeresteile; mit Ausnahme der letztern treten außerdem Seebeben auch vereinzelt und zerstreut in den Ozeanen auf.

Die bis jetzt behandelten Phänomene beziehen sich auf solche Erdbebenerscheinungen, welche unmittelbar wahrgenommen werden können. Ihnen schließen sich die mikroseismischen Elastizitätsschwingungen des Bodens an, die im Innern der Erde ihren Ursprung nehmen und also zu den Erdbeben gehören.

Die Bodenschwingungen, die von einem wenigstens 1000 *km* entfernten Erdbebenherde ausgehen und als Fernbeben bezeichnet werden, sind nur an Seismometern oder Erdbebenmessern nachweisbar. Jede von einem solchen Instrumente gelieferte Aufzeichnung (Diagramm) eines Erdbebens zerfällt in eine Reihe von Bewegungsgruppen oder Phasen, welche durch kurze, unregelmäßige, einige Sekunden andauernde Pausen voneinander getrennt sind.

F. Omori unterscheidet dabei eine Vorstörung, Hauptstörung und Endstörung. Diese Bewegungen sind horizontal, es existieren aber auch Vertikalbewegungen bei Fernbeben in mehrern Phasen.

Die Wellen der Vorstörung werden für longitudinale Schwankungen gehalten, welche sich durch das Innere der Erde fortpflanzen, und diese Ansicht ist wohl zweifellos richtig. Die Wellen der Hauptstörung sind dagegen, wie man glaubt, transversale Oberflächenwellen (Neigungen) gleich oder ähnlich den Meereswellen, während Omori und Schlüter glauben, daß es sich um Translationsschwingungen der Erdoberfläche handle. Die Längen der Fernbebenwellen sind jedenfalls sehr beträchtlich und betragen 50 bis 200 *km*, so daß sie also durch die Bodenbeschaffenheit nicht beeinflußt werden. Im allgemeinen nimmt mit wachsendem Abstande des Beobachtungsortes eines Fernbebens vom Epizentrum die Dauer der ganzen Vorstörung zu. Die von einem Epizentrum ausgehenden Wellen eines Fernbebens können einen entfernten Beobachtungspunkt, von dem wir annehmen wollen, daß er westlich liegt, nicht nur auf dem nächsten Wege nach Westen erreichen, sondern auch, indem sie ostwärts den ganzen Erdball umkreisen, also die Antipoden passieren. F. Omori hat gefunden, daß im Mittel aus mehrern Fernbeben diese Wellen eine größte Amplitude von 0.12 *mm*, eine durchschnittliche Periode von 20.4 Sekunden und eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3.7 *km* in der Sekunde besitzen. Anderseits können die Wellen, nachdem sie die Beobachtungsstation passiert haben, weiterschreitend den Erdball umkreisen und nochmals diese Beobachtungsstation erreichen. Auch dieser Fall ist beobachtet worden, und Omori hat gefunden, daß die Amplitude dieser Welle dann außerordentlich klein ist, ihre Periode etwa 19.4 Sekunden, und ihre Geschwindigkeit 3.4 *km* pro Sekunde beträgt. Diese Bestimmungen sind naturgemäß sehr unsicher, jedenfalls sind aber die Geschwindigkeiten der Wellen in beiden Fällen nicht wesentlich voneinander verschieden.

Außer den bis jetzt besprochenen mikroseismischen Bodenbewegungen gibt es noch andere, deren Entstehungsursache wahrscheinlich außerhalb des Erdballes liegt. Zu ihnen gehören die elastischen Schwingungen der Erdrinde, welche E. Rudolph mit dem Namen mikroseismische Unruhe belegt hat. Sie zerfallen in Pulsationen, wenn sie in Periode und Schwingungsamplitude regelmäßig auftreten, und in pulsatorische Oszillationen, wenn sie in diesen Beziehungen unregelmäßig sind. Diese letztern sind im Winter häufiger und stärker als in der warmen Jahreszeit, auch zeigen sie eine tägliche Periode mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden und einem Maximum in den ersten Nachmittagsstunden. Diese tägliche Periode ist im Sommer am deutlichsten, im Winter am wenigsten klar entwickelt. Als Ursache der pulsatorischen Oszillationen nimmt man Bewegungen in der Atmosphäre an, Luftdruckwellen und Winde. Es ist durch die Beobachtung an sehr empfindlichen registrierenden Seismometern nachgewiesen, daß lebhafte örtliche Winde den Boden in Hin- und Herschwingungen versetzen, die unter Umständen selbst noch in 25 *m* Tiefe nicht auf Null herabgebracht sind. Luftdruckänderungen erzeugen eine als Pendelunruhe bezeichnete Bodenbewegung, die von jener des Windes völlig verschieden ist. Nach Mazelle zeigt dieselbe in Triest eine jährliche Periode mit einem Maximum zwischen 9 und 10 Uhr morgens und einem Minimum zwischen 9 und 10 Uhr abends.

Die Pulsationen zeigen sich in den vom Seismometer verzeichneten Kurven in Gestalt von feinen Zahnungen der Linien. Auch beim Auftreten größerer seismischer Störungen behalten die Pulsationen ungestört ihren Verlauf. Zeitlich treten sie ohne bestimmte Regelmäßigkeit auf; wenn sie wahrnehmbar sind, haben sie besonders nach Mitternacht ein Maximum, gehen aber tagsüber zurück. Über die Ursache derselben weiß man nichts Sicheres. Ehlert glaubt an einen Zusammenhang derselben mit der Mondstellung.

Die Zerlegung der Seismometerkurven durch Anwendung eines mathematischen Verfahrens, welches unter dem Namen der harmonischen Analyse

bekannt ist, hat schließlich noch auf das Vorhandensein von langsamen, periodischen Bewegungen der Erdoberfläche geführt, die man Lotschwankungen nennt und bildlich mit dem rhythmischen Heben und Senken der atmenden Brust vergleichen kann, mit dem Unterschiede jedoch, daß gleichzeitig mehrere solcher Atmungsvorgänge erfolgen, die verschieden sind an Zeitdauer und Stärke. „Diese sogenannten „bradyseismischen“ Bewegungen bestehen in Niveauverschiebungen, durch welche langsame „Abweichungen der Lotlinie“ hervorgerufen werden; sie lassen sich trennen in Bewegungen von der Periode des Sonnentages, ferner in solche von der Periode des Mondtages, und zwar ganztägige und halbtägige, sowie schließlich in „Nullpunktsbewegungen“. Charakteristisch für alle diese Bewegungsgruppen ist, daß sie, weil nicht aus Elastizitätsschwingungen bestehend, niemals die Pendel des Seismometers in Schwingungen versetzen.“

Solche kleine Lotschwankungen sind wohl zuerst 1863 von d'Abbadie bemerkt worden. Die normale Straßburger Seismometerkurve zeigt fast stets eine flache Welle mit einer dem Sonnentage entsprechenden Periode und einer bis zu 5 *mm* anwachsenden Amplitude. „Das west-östlich gerichtete Pendel steht etwa um 7 Uhr morgens am weitesten nach Süden von der Ruhelage abgelenkt, abends gegen 6 Uhr am weitesten nach Norden; nach dem Winter zu tritt eine Verspätung des Eintrittes der nördlichsten Lage deutlich hervor, während die Südlage im allgemeinen gleich bleibt.

Die Ursache dieser Sonnentagperiode ist noch unbekannt. Dagegen gibt es zwei Lotschwankungen, von denen die eine die Periode eines ganzen, die andere die eines halben Mondtages umfaßt. Die halbtägige Mondwelle entspringt offenbar den Gezeiten des festen Erdballes, der sich der Mondanziehung gegenüber wie ein elastischer Körper verhält, und wahrscheinlich hat auch die ganztägige Welle den nämlichen Ursprung. Nach der Berechnung von Rebeur-Paschwitz ergibt sich infolge des Einflusses der Mondanziehung für den Boden von Straßburg eine mittlere senkrechte Fluterhebung von 22.3 *cm*, deren jedesmaliger Eintritt dem höchsten, bzw. tiefsten Stande des Mondes um 2 Stunden 9 Minuten voraufgeht. Doch bemerkt er, daß nicht allein Mond und Sonne das Pendel anziehen, sondern auch das Meer durch den Ortswechsel seiner Wassermassen einesteils Anziehungswirkungen verursacht, andernteils der Festlandskruste kleine Formänderungen erteilt, was alles sich schwer zahlenmäßig berechnen lasse.

Zuletzt ist noch einer Bewegungsart zu gedenken, welche den Namen Nullpunktsbewegung führt. Hierhin gehören jene großen und lange dauernden Bewegungen, die veranlassen, daß nach Verlauf nicht zu langer Zeiträume die Registriervorrichtungen der Seismographen in ihrer Aufstellung verändert werden müssen, weil der Pendelarm (oder der dessen Lage markierende Lichtpunkt) seitwärts den Papierstreifen mit der Skala verläßt. Die Ursache dieser Bewegungen sucht Ehlert in Formveränderungen (Aufwölbungen) der Erdoberfläche infolge der Temperaturschwankungen; v. Rebeur-Paschwitz sucht sie in Einwirkungen des Luftdruckes, und letztere Meinung wird durch neuere Untersuchungen gestützt. Sieberg faßt seine Ansicht über die Entstehungsursachen der Nullpunktsbewegungen dahin zusammen, daß sie das Ergebnis reeller Bodenbewegungen sind, wenn auch nicht geleugnet werden könne, daß künstliche Störungen und Beeinflussungen der Seismometer analoge Bewegungen des Pendels zu verursachen vermögen. Häufig, wenn nicht in der Mehrzahl der Fälle, werden sie durch die Druckunterschiede der Atmosphäre hervorgerufen; daneben können aber auch noch Wärmeschwankungen als Urheber in Betracht kommen. Welchem von beiden Faktoren, und in welchem Maße im jeweiligen Falle das Übergewicht zukommt, entscheide die Bodenbeschaffenheit der nächsten und auch der weitern Umgebung des betreffenden Ortes.

Große Erdbeben und Schwankungen der Erdachse. Seit etwa zwei Jahrzehnten ist durch die Beobachtungen nachgewiesen worden,

daß die Drehungsachse der Erde im Innern derselben keineswegs, wie man früher glaubte, unverrückbar festliegt, sondern kleinen Schwankungen unterworfen ist. Diese Verschiebungen sind gering, denn sie betragen nur wenige Meter, um welche die Endpunkte der momentanen Drehungsachse, also die Pole, auf der Erdoberfläche sich in spiralförmigen Bahnen um eine gewisse mittlere Lage bewegen. Vom Januar 1889 bis Mitte 1890 ist dementsprechend der Nordpol um etwa 20 m seitwärts gerückt, dann haben die Schwankungen während des nächsten Jahrzehntes abgenommen und sind jetzt wieder in Zunahme. Über die Ursachen dieser Polschwankungen sind die Akten der Untersuchung noch nicht geschlossen, wahrscheinlich spielen Massenverschiebungen im Innern und an der Oberfläche der Erde dabei die Hauptrolle. Der berühmte Erdbebenforscher Professor J. Milne hat nun gefunden, daß eine Wechselbeziehung zwischen der Größe der Polschwankungen und der Anzahl starker, weit verbreiteter Erdbeben stattfindet, derart, daß in den Jahren mit zahlreichen Erdbeben von großer Ausdehnung die Polschwankungen beträchtlicher sind als in Jahren mit geringer Erdbebentätigkeit. Die Untersuchungen Professor Milnes bezogen sich auf die Jahre 1895 bis 1898, also auf einen recht kurzen Zeitraum, und es schien sehr wünschenswert, dieselben weiter auszudehnen und schärfer zu fassen. Diese Arbeit hat A. Cancani in Rom unternommen und alle Beobachtungen bis zum Jahre 1902 berücksichtigt. Von der richtigen Ansicht ausgehend, daß nur solche Erdbeben hierbei Berücksichtigung finden sollten, die einen großen Teil der Oberfläche unseres Planeten in Mitleidenschaft zogen, hat er diejenigen ausgesucht, die wenigstens in vier Weltteilen und gleichzeitig an entgegengesetzten Punkten (auf Antipodenstationen) bemerkt worden sind. Erdbeben dieser Art sind in den Jahren 1899 bis 1902 durchschnittlich 24 jährlich eingetreten, und auch in dieser Zusammenstellung bestätigt sich, daß die kleinste Abweichung des Poles mit der geringsten Anzahl der Erdbeben zusammenfiel (im Jahre 1900), die stärkste dagegen mit der größten Zahl von Erdbeben (1902). Es ist klar, daß auch jetzt noch der in Betracht gezogene Zeitraum zu kurz ist, um endgültig in der Frage entscheiden zu können, aber immerhin ist der Parallelismus der Häufigkeit beider Erscheinungen so augenfällig, daß man an eine gegenseitige Beziehung derselben zueinander denken muß. Auch liegt es nahe, anzunehmen, daß Vorgänge im Innern unseres Planeten, durch welche die ganze Erdoberfläche in Schwingungen versetzt wird, auch Schwankungen in der Lage der momentanen Drehungsachse der Erde hervorrufen dürften.

Die jüngsten Erdbebenereignisse am Ätna behandelte S. Arcidiacono. Im[1]) Jahre 1903 sind sehr viele Beben aufgetreten, einige

[1]) Bollettino dell' Accad. Givenia di sc. nat. Catania. Dez. 1903.

von diesen waren ziemlich stark, andere so stark, daß nicht nur das ganze Bergmassiv des Ätna erschüttert wurde, sondern auch das umliegende Landgebiet. Nach dem großen Eruptionsparoxysmus des Jahres 1892, welcher durch sechs Monate dauerte, vom Juli bis Dezember, und nach den vielen Beben im Jahre 1893, durch welche die Bewohner der Umgebung des Ätna auf eine harte Probe gestellt wurden, trat der Vulkan sowohl in bezug auf die Bodenruhe als auch in bezug auf die vulkanischen Äußerungen wieder langsam in den gewöhnlichen Zustand der gemäßigten Tätigkeit. Die vulkanische Tätigkeit hat mit der Zeit immer mehr abgenommen, und schließlich ist eine vollkommene Ruhe eingetreten. Im Jahre 1903 war nun eine ausnehmend starke seismische als auch eruptive Tätigkeit zu verzeichnen, was die Annahme mancher Vulkanologen zu bestätigen scheint, daß einer verminderten vulkanischen Tätigkeit oder gar der Ruhe des Vulkanes eine erhöhte seismische Tätigkeit entspricht und umgekehrt. Es könnten also die Kraterschlünde eines Vulkanes als Sicherheitsventile aufgefaßt werden, durch welche die Spannungen der Eingeweide des Vulkanes entlastet werden, so daß das Gebiet in der Umgebung des Vulkanes dann von Erdbeben nicht heimgesucht wird. Soeben sind elf Jahre verflossen seit der großen Eruption des Vulkanes (1892), welche ebenso wie jene der Jahre 1886 und 1883 auf demselben radial verlaufenden Spalte sich abgespielt hat. Um zur nächsten großen Eruption zurückzugelangen, die der Stärke nach mit jener vom Jahre 1892 verglichen werden könnte, so müßte man um 27 Jahre zurückgreifen, das ist in das Jahr 1865. Wir können mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit sagen, daß uns doch ein langer Zeitabschnitt der Vulkanruhe von dem nächsten starken Paroxysmus trennt. Immerhin bleibt es nicht ausgeschlossen, daß in nächster Zeit eine jener sekundären, vulkanischen Entladungen am Ätna auftritt, die, wenn sie auch keinen besonders großen Schaden zufügt, uns doch daran erinnert, daß der Ätna nicht schläft, sondern uns ernstlich daran mahnt, daß in den Eingeweiden des Vulkanes eine seiner Eruptionen vorbereitet wird. Um recht deutlich die wieder erwachte geodynamische Tätigkeit des Jahres 1903 des Ätna zu zeigen, will der Verfasser eine Statistik aller fühlbaren Erdbeben, die vom Jahre 1893 bis zum Jahre 1904 ausschließlich am Ätna sich ereignet haben, aufstellen, wobei der Verfasser, um die Seismizität eines jeden Jahres am anschaulichsten auszudrücken, aus der Anzahl der Stöße und mittlern Stärke (letztere nach Mercallis Stärkeskala) die Produkte berechnet.

Jahre	Zahl der Erdbeben	Mittlere Stärke	Anzahl × Stärke
1893	53	4	212
1894	31	4	124
1895	9	3	27
1896	12	4	48
1897	4	4	16

Jahre	Zahl der Erdbeben	Mittlere Stärke	Anzahl × Stärke
1898	11	4	44
1899	10	4	40
1900	11	4	44
1901	8	5	40
1902	14	4	56
1903	38	4	152

Die Tabelle führt zu folgenden Ergebnissen: Die seismische Tätigkeit hat nach der Eruption vom Jahre 1892 bis zum Jahre 1897 immer mehr abgenommen, dann blieb sie fast unverändert schwach bis zum Jahre 1902, wo sie wieder erwachte, und im Jahre 1903 ist am Ätna mehr als eine dreimal so starke seismische Tätigkeit aufgetreten, als in den vorangehenden Jahren.

Über das Erdbeben von Schemacha, am 13. Februar 1902, teilt die Horizontalpendelstation zu Tiflis genaues mit.[1]) Schon im Laufe einer Woche vor der eigentlichen Katastrophe wurden in Schemacha öfters unbedeutende Erdstöße gespürt. Am 13. Februar war ein stärkerer Stoß um 8^h, ein anderer um 11^h fühlbar, dazwischen folgten hintereinander eine ganze Reihe schwächerer Stöße.

Der eigentliche verheerende Hauptstoß erfolgte am 13. Februar um $12^h\,34^m$; er machte den Eindruck eines vertikalen. Ihm folgte eine fortwährende Reihe mehr oder weniger starker Stöße, die den vorgenommenen Rettungs- und Ausgrabungsarbeiten sehr hinderlich waren; besonders fühlbar erschien der Stoß um $19^h\,24^m$.

Durch dieses Beben ist die Stadt vollkommen zerstört worden, namentlich der mittlere, niedrigliegende Teil der Stadt, dessen Bauten meist aus Rohziegeln und mit Lehm zusammengefügtem Gerölle bestehen und auch einem weniger starken Beben keinen großen Widerstand hätten bieten können. Im allgemeinen haben aber Wände, deren Richtung E—W ist, weniger gelitten, als diejenigen, deren Richtung N—S; die meisten Gegenstände fielen nach W. Die Kuppel der Kirche war auch nach W umgekippt und lag auf dem Kirchenschiffe mit dem Kreuze nach W gewandt. Am wenigsten haben Holzhäuser gelitten. Im Weichbilde der Stadt hat sich ein Erdriß gebildet in der Richtung E—W, dessen Länge etwa 1 Werst und Breite 10 *cm* beträgt. Unweit davon ist ein Felsen abgestürzt.

In der Umgegend von Schemacha hat das Erdbeben nicht weniger verheerend gewirkt. Es werden arge Verwüstungen aus Achsu, Scharadilskaja, Ssagiany usw. gemeldet; im ganzen sind etwa 30 Dörfer vollkommen zerstört. Die Zerstörung dehnt sich am weitesten in der Richtung E—W bis 45 Werst, in der Richtung N—S aber nicht mehr als 20 Werst aus.

---

[1]) Monatsbericht der Horiz-.Pend.-Stat. am Phys. Obs. zu Tiflis Nr. 2.

Es folgen im Originale die Nachrichten aus verschiedenen Orten, wo das Beben verspürt wurde. Die wesentlichsten Daten sind wörtlich wiedergegeben, müssen jedoch mit einer gewissen Vorsicht aufgenommen werden. Die Zeitangaben sind in manchen Fällen sehr fehlerhaft. Die Angaben der Stärkegrade waren auch oft im Widerspruche mit den wörtlichen Berichten über die Wirkung des Bebens. In Anbetracht der primitiven Bauart der Steingebäude dürfte der Stärkegrad in vielen Fällen zu hoch angenommen worden sein.

Auf einer Karte sind die meisten Orte, an denen das Erdbeben bemerkt wurde, durch Beifügung von Pfeilen gekennzeichnet, welche die Richtung aus der die Stöße kamen, bezeichnen. Die Stärke derselben ist nach der Skala Rosse-Forel durch die lateinischen Ziffern I bis X ausgedrückt.

Das Erdbeben vom 26. November 1902 am Böhmischen Pfahl ist von J. Knett studiert worden,[1] und Dr. Binder gibt[2] von dieser Arbeit folgende, das Hauptsächliche umfassende Übersicht. Dasselbe fand statt 1902 am 26. November, $2^1/_4$ Uhr nachmittags. Auf Grund der eingelaufenen Berichte aus Prag und München (denn ein Teil der Schütterzone liegt jenseits der Grenze, in Bayern) stellt der Verfasser zunächst fest ein Vorbeben, dann Hauptbeben und Nachbeben — begrenzt das Gebiet heftigster Erschütterung (VI. Stärkegrad) als eine längliche schmale Ellipse, deren Längsachse senkrecht auf den mächtigen, seinerzeit von Hauer als Böhmischer Pfahl gekennzeichneten Quarzgang die Orte Neustadtl bei Heid in Böhmen und Neuhammer in Bayern verbindet, — dann das Gebiet kräftiger Erschütterung (V. Grad) und endlich das Gebiet schwacher Erschütterung, welche beiden letztern einer bedeutenden Ausweitung dieser Ellipse nach dem Süden, einer geringen nach dem Norden gleichkommen, wie sich dies auch in den beiden beigegebenen farbigen Kärtchen gut ersehen läßt. Vier isolierte Beobachtungspunkte: Asch, im Fichtelgebirge, Neudek, Pürstein im Erzgebirge zeigen, daß sich dieses Beben durch das unter den Tertiärablagerungen der Braunkohlengebiete liegende Grundgebirge hindurch fortgepflanzt haben muß. Das gesamte Schüttergebiet, dessen Mittelpunkt bei Pfraumberg zu suchen ist, weist also einen elliptisch-eiförmigen Grundriß von 4750 *qkm* auf und breitet sich zu beiden Seiten des Böhmischen Pfahles aus, der sich, eines der größten Denkmäler linearer Dislokationen in unserm Weltteile, von Furth bis Tachau in der Länge von 60 *km* erstreckt. Dieser Pfahl bedeutet einen ehemals tiefreichenden Spaltenriß, der durch die Auflagerung des Hornblende-

[1]) Mitteil. der Erdbebenkommission d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. Neue Folge **18**.

[2]) Erdbebenwarte 1904. **3**. p. 242.

schiefers auf den Gneis vorgezeichnet war. Das Schüttergebiet verbreitet sich senkrecht auf die Streichung des Pfahles und setzt sich daher aus herzynischer Gneisformation, Amphibolit der Glimmerschieferformation, Urtonschiefer und deren zugehörigen Graniteinlagerungen zusammen. Im letzten Teile erklärt der Verfasser das Erdbeben als Folge eines in der Tiefe sich fortsetzenden Spaltenreißens. Dieses bewirkt an der Oberfläche einen senkrecht hierzu gestellten stärksten Anschlag von länglich ogivaler Gestalt; der primäre Stoß ist ein Transversalbeben. Die nächsten Isoseisten (Linien der Begrenzung des Bebengebietes zweiter und dritter Stärke) weisen schon eine Begrenzung durch das herzynische Gebirgsstreichen auf, so daß sie nach Süden und Westen tief ausbiegt. Die Längsachse dieser Zone ist südnördlich gerichtet, während im Norden die mächtigen Gebirgsmassen mit erzgebirgischem Streichen den Bebenwellen entgegenwirken und ihre Verbreitung aufhalten. Es zerstiebt und verwischt sich dort förmlich die ganze Erscheinung bis auf jene vereinzelte Stellen im Erzgebirge, welche weit außerhalb der zusammenhängenden Zonenlinie liegen.

Die Erbeben Bayerns im Jahre 1903 sind von Dr. J. Reindl behandelt worden.[1]) Nach seinen Zusammenstellungen fanden in den verschiedensten Teilen desselben folgende Krustenbewegungen statt: Am 8. Januar wurden starke Erdstöße im Fichtelgebirge wahrgenommen, am 22. Januar solche im Röslautale. Am 25. und 26. Januar fand ein heftiges Beben in der Pfalz statt, am 5. und 6. März ein solches im Erz- und Fichtelgebirge und im angrenzenden Böhmerwalde. Heftige Krustenbewegungen vollzogen sich dann ferner am 22. März wiederholt in der Rheinpfalz, desgleichen solche dortselbst am 8. April. In Partenkirchen wurden am 15. April um 6½ Uhr abends zwei leichte Erdstöße verspürt, am 23. April um 9¾ Uhr vormittags solche entlang der bayrisch-vogtländischen Grenze. In Selb erschreckten am 27. April Bodenbewegungen die dortigen Bewohner; am 30. Mai ähnliche Erdstöße die Bewohner im obern Saaletale. Am 21. Juli fand in Hagenbach (Pfalz) und Umgebung um 6 Uhr 58 Minuten früh ein Erdbeben statt, das die Richtung von Nord nach Süd verfolgte und sich in zwei heftigen Stößen äußerte, wobei Fenster klirrten, Möbel schwankten, und Kinder zu Boden fielen. Der 6. August sah wieder Bodenerzitterungen entlang der bayrisch-vogtländischen Grenze, der 11. August unterirdische Einstürze im altvulkanischen Ries. Am 11. September zwischen 4 und 5 Uhr nachmittags fanden Erdstöße in Waldmünchen statt, die jedesmal von nur sekundärer Dauer waren. Dortselbst wurden fünf Erschütterungen verspürt, drei stärkere und zwei schwächere. Die erstere stärkere wurde etwa um 3½ Uhr, die zweite

[1]) Gaea 1904. p. 613.

ziemlich genau 5 Minuten vor, die dritte 5 Minuten nach 4³/₄ Uhr bemerkt. Es waren wellenförmige, schwankende Bewegungen gleich dem Schaukeln eines Schiffes. Die Dauer der einzelnen Stöße betrug 1 bis 3 Sekunden. Der zweite Stoß war der stärkste, wobei die geschlossenen Fenster „ein polterndes Geräusch" ergaben. Am 2., 3. und 5. Oktober wurde wieder das Fichtelgebirge von Erdbeben heimgesucht, am 7. November der Böhmerwald. Am 25. November um 6 Uhr morgens zeigten sich Bodenbewegungen entlang der ganzen oberfränkisch-vogtländischen Grenze, am 14. Dezember um 11 Uhr 25 Min. Erdstöße an der Südgrenze Bayerns, die namentlich im Wallgau und bei Jenbach am Achensee sehr deutlich wahrgenommen wurden. Endlich fand am 15. Dezember ein deutliches Erdbeben im Rhöngebirge zwischen Brückenau und Vacha statt.

Die Zahl der Erdstöße betrug in Bayern im genannten Jahre 94.

Vergleicht man die Erdbeben untereinander nach den Tageszeiten, an denen sie stattfanden, so zeigt sich, daß in höchst auffälliger Weise die weitaus größte Mehrzahl aller Stöße, bei welchen die Zeit ihres Eintrittes angegeben werden konnte, in der Nacht oder doch am frühen Morgen und späten Abende sich ereigneten. Diese Tatsache erklärt sich einfach dadurch, daß die verhältnismäßig schwachen Erschütterungen, mit denen wir es in Bayern fast ausschließlich zu tun haben, nur dann auffallen, wenn die Aufmerksamkeit nicht durch den Lärm und die Geschäfte des Tages in Anspruch genommen ist. Hinsichtlich der jahreszeitlichen Verteilung dieser Beben kann gesagt werden, daß die Sommer- und Herbstmonate wohl die bebenärmsten Zeiten waren.

Die von Erdbeben am meisten betroffenen Gebiete sind das Fichtelgebirge mit Böhmerwald und die Südostpfalz, ferner das altvulkanische Ries und das Alpenland im Süden.

Über das Erdbeben am 4. April 1904 teilt die kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg i. E. mit: Das Erdbeben, das am 4. April gegen 11 Uhr vormittags die Länder an der untern Donau heimsuchte, hat nach den bisher bei der kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung eingelaufenen Nachrichten zu urteilen, eine ganz bedeutende Ausdehnung gehabt. Der Ausgangspunkt scheint in dem Rilo- und Rhodopegebirge an der Grenze von Bulgarien, Ostrumelien und Mazedonien gewesen zu sein, von welchen in letzter Zeit schon mehrfach starke Erdbeben gemeldet worden sind, wenigstens haben die Ortschaften um das Rilokloster, wie es heißt, größern Schaden erlitten. Von diesem Epizentrum aus strahlten die Bewegungen nach Nordosten und Nordwesten aus, durchsetzten den Balkan und erschütterten die ganze rumänische Ebene. In Bukarest wurden zwei ziemlich starke Erdstöße verspürt. Viel stärker hat sich die Erschütterung in nordwestlicher Richtung fortgepflanzt. In Vranja an der Südgrenze Serbiens sind mehrere Häuser eingestürzt

und Personen verletzt worden. Die Senke des Tales von Morava leitete die Bewegung nach Norden fort; aus allen größern Ortschaften des Morava- und Nischavatales liegen Nachrichten über Erdstöße vor. Selbst über Belgrad hinaus sind noch mitten in der ungarischen Tiefebene Stöße wahrgenommen worden. Die Zahl der Erdstöße wird verschieden angegeben. In Bukarest sind zwei Stöße verspürt, in Sofia drei, ebensoviel in Belgrad, in Bekes-Csaba (Ungarn) wieder nur zwei. Ebenso schwanken die Angaben über den Zeitpunkt des Auftretens der Erdstöße. Besser als die Beobachter an Ort und Stelle geben uns die seismischen Apparate hierüber Auskunft. Alle Instrumente der kaiserlichen Hauptstation haben um die angegebene Zeit Störungen registriert und dabei zum Teil ganz außerordentlich große Ausschläge gehabt, wie sie nur selten vorkommen. An dem astatischen Pendelseismometer von Wiechert war die Bewegung sogar so stark, daß die Schreibstifte von der Registrierwalze abgeworfen wurden. Von allen Apparaten sind in gleicher Weise im ganzen vier Störungen aufgezeichnet worden. Die beiden ersten weisen die größten Amplituden auf und sind von fast gleicher Intensität. Die erste Störung setzt 11 Uhr 5 Minuten 33 Sekunden ein. Nach Verlauf von 1 Minute beginnt um 11 Uhr 6 Minuten 35 Sekunden die Hauptphase, und an diese schließen sich die charakteristischen langen und flachen Wellen, welche das Ende einer jeden seismischen Störung bilden und bei Fernbeben oft stundenlang andauern. Um 11 Uhr 29 Minuten 5 Sekunden werden diese Wellen durch die zweite Störung unterbrochen, deren Hauptphase um 11 Uhr 30 Minuten 1 Sekunde anfängt. Die fast bis auf die Sekunde gleichlange Dauer der ersten Phase bei beiden Störungen ist der beste Beweis dafür, daß die Erdbebenwellen aus demselben seismischen Herde stammen und auf dem gleichen Wege zur Beobachtungsstation gelangt sind. Bemerkenswert ist, daß bei der zweiten Störung auch die vertikale Komponente registriert wurde, und zwar weist diese eine ganz bedeutende Amplitude der Bewegung auf. Die beiden letzten Störungen sind im Verhältnisse zu den vorhergehenden als minimal zu bezeichnen, sowohl hinsichtlich ihrer Amplitude wie der Dauer. Die dritte in der Reihe der Störungen beginnt 12 Uhr 14 Minuten 22 Sekunden und endet schon nach 2 Minuten. Das vierte und letzte Seismogramm ist etwas größer und fängt 13 Uhr 54 Minuten 20 Sekunden an, erreicht sein Ende aber auch schon nach 5 Minuten. Rechnen wir für die Fortpflanzung der Erdbebenwellen vom seismischen Zentrum bis nach Straßburg etwa $2^1/_2$ Minuten, so ergibt sich daraus die Zeit des Bebens im Rilogebirge. Wir sehen ferner, daß es im ganzen vier Erdstöße gewesen sind, welche in der Zeit von 11 Uhr vormittags bis 2 Uhr nachmittags im Schüttergebiete erfolgten. Von diesen sind in Bukarest und Csaba nur zwei, wohl die beiden ersten, von Personen gefühlt worden, weil diese Punkte in größerer Entfernung vom Epizentrum liegen. Die drei Erdstöße, von denen in den Meldungen aus Sofia und

Belgrad die Rede ist, haben die Störung 1, 2 und 4 unserer seismischen Apparate veranlaßt, denn in der Mitteilung aus Belgrad heißt es, daß an einzelnen Orten sich das Erdbeben nach 1 Uhr nachmittags wiederholte. Das Beben, welchem die Störung 3 entspricht, wird wegen seiner geringen Intensität unbemerkt geblieben sein. Genauere Daten können erst gegeben werden, wenn Beobachtungen auch von andern, zwischenliegenden Stationen vorliegen.

Die Erdbeben von Konstantinopel bildeten den Gegenstand einer sorgfältigen Studie von Johannes Dück.[1]) Dieselbe umfaßt zunächst eine möglichst erschöpfende statistische Zusammenstellung aller über diese Beben vorhandenen Nachrichten. Verf. hat dieselben aus dem von ihm zusammengebrachten Kataloge auch in eine Tabelle zusammengetragen. Die dabei unterschiedenen Zeitabschnitte sind folgende:

1. Von 333 bis 1453, also von der Gründung der Stadt durch Konstantin bis zu deren Eroberung durch die Türken unter Sultan Mohammed II.; hier sind die Quellen mit wenigen Ausnahmen griechische Schriftsteller.
2. 1454 bis 1699, eine ziemlich erdbebenarme Zeit, welche aber dafür das größte aller bekannten Beben (1509) enthält.
3. 1700 bis 1799, viele, aber geringere Beben; die Quellen sind sehr oft nur Zeitungsberichte.
4. 1800 bis 1890, genaue Angaben, die im allgemeinen den modernen Anforderungen entsprechen, besonders bei Fuchs, Statistik usw.
5. Das große Beben vom 10. Juli 1894 und den folgenden Tagen.

Zeitabschnitt	Jahre	Tage	Beben I. Grades
Von 333 bis 1453	49	476	8 (448, 478, 555, 558, 740, 865, 975, 1296)
» 1454 » 1699	13	45	1 (1509)
» 1700 » 1799	21	126	1 (1719)
» 1800 » 1890	26	82	—
10. Juli 1894	1	11	1
Von 333 bis 1894	110	740	11

Die Beben I. Grades, sagt Verf., sind uns wohl alle vollzählig überliefert, denn diese haben sich zu allen Zeiten, auch unter den phlegmatischen Türken, Beachtung erzwungen. Sie liefern uns natürlich auch das meiste und wichtigste Material. Die dritte Rubrik darf also ziemliche Genauigkeit beanspruchen. Aus ihr geht hervor,

[1]) Erdbebenwarte 1904. 3. p. 177.

daß Konstantinopel durchschnittlich alle 400 Jahre dreimal von dem Erdbebenunglück in großem Maßstabe heimgesucht wird.

Der Hauptteil der Berichte besteht meistens in mehr oder weniger übertriebenen Schilderungen der Folgen und auch da meist nur über die verheerenden Wirkungen an Menschen und Menschenwerk. Die geophysikalischen Fragen sind oft gar nicht, oft nur mangelhaft in den Quellen beantwortet; erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts finden wir genauere Angaben, doch sind auch die hier und da eingestreuten Beobachtungen früherer Zeit immerhin von Wert und lassen uns, z. B. bezüglich der Stoßrichtung, brauchbare Schlüsse ziehen. Von ganz besonderer Wichtigkeit, eben infolge seiner allein ziemlich ausführlich gehaltenen Beobachtungen, ist aber das letzte große Beben zu Konstantinopel vom 10. Juli 1894 und den folgenden Tagen.

Verf. geht deshalb genauer auf dasselbe ein, obgleich dieses schon mehrfache Bearbeitungen früher gefunden hat. Er kommt zu folgendem Ergebnisse: „Das Erdbeben von Konstantinopel vom 10. Juli 1894 hat weder eine ausschließlich tektonische, noch eine ausschließlich vulkanische Ursache. Es ist vielmehr am richtigsten, es unter jene Gruppe von Erdbeben einzureihen, die (nach Günther) die Zwischenform mit vulkanisch-tektonischer Ursache bildet. Aber auch der vulkanische Anteil ist zum geringsten Betrage als echt vulkanisch zu bezeichnen, sondern mehr als Pseudovulkanismus. Wasser für die magmatische Esse, um die hochgespannten Gase zu entwickeln, ist ja genug vorhanden, da das ganze Schüttergebiet am oder im Meere liegt. Wie beide Arten von Ursachen zusammengewirkt haben, um die Katastrophe herbeizuführen, läßt sich allerdings nicht genau angeben. Höchstwahrscheinlich haben wir uns den Vorgang dabei so zu denken, daß wir dem Vulkanismus mehr eine vorbereitende Unterminierarbeit zuschreiben und das Beben, wie es sich auf der Erdoberfläche zeigte, seinem nächsten Grunde nach als tektonisch betrachten; doch müssen auch hierbei, wenigstens an einzelnen Stellen, vulkanische Faktoren mitgewirkt haben."

Dück macht ferner auf folgendes bezüglich der Erdbeben von Konstantinopel aufmerksam. „Ein Vergleich der stärksten Beben," sagt er, „mit der Reihe der Aufeinanderfolge überhaupt zeigt sofort, daß diese Beben regelmäßig nach größern Ruhepausen am stärksten waren. Ist eine längere Periode von Erdstößen und Erdbeben über die Stadt hereingebrochen, so bleibt deren Wirksamkeit weit hinter denen zurück, die nach oft jahrhundertelanger Ruhe auftraten, während deren die Bewohner vielleicht in der größten Mehrzahl gar nicht mehr an dieses schreckliche Naturereignis dachten. Es kommt mitunter vor, daß sich diese großen Beben nach langer Pause kurz vorher in einem Stoße oder mehrern kleinern Stößen anmeldeten; das tut aber der Betrachtung der Tatsache keinen Eintrag. Die wichtigsten und auffallendsten dieser Ruhepausen sind folgende:

1. 677 bis 740; letzteres Jahr hat ein Beben erster Ordnung zu verzeichnen, mit einem kleinen Vorläufer 732; vielleicht kann man sogar von 581 ab rechnen, da, wie oben ausgeführt, das Beben von 677 nicht genügend verbürgt erscheint.

2. 865 bis 975; auch hier haben wir wieder ein Beben allerersten Ranges als Schlußpunkt der Ruhepause.

3. 1082 bis 1296; hier ist sogar eine Pause von über 200 Jahren; dafür wird aber auch das Beben von 1296 als „πάνυ μέγιστος" bezeichnet.

4. 1353 bis 1509; dieses gewaltige Naturereignis hat zwei kleine Vorläufer, 1507 und 1508; an Furchtbarkeit wird es von keinem andern übertroffen.

5. 1802 bis 1894; hier tritt allerdings das Auffallende etwas zurück, weil bei der genauer gewordenen Berichterstattung auch alle kleinern Beben und Stöße überliefert worden sind; doch kann man von 1802 bis 1894 von Erdbeben von einiger Bedeutung nicht sprechen. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat also Konstantinopel für die nächsten Jahre, vielleicht Jahrzehnte, kein größeres Beben mehr zu erwarten oder zu befürchten.

Aus der Beobachtung dieser bisher stattgehabten Ruhepausen glaubt Verf. aber wichtige Schlüsse auf die Ursache der Erdbeben von Konstantinopel ziehen zu können. „Wenn nämlich die Erdoberfläche in größere Spannung gerät, dadurch, daß infolge der permanenten Wärmeausstrahlung das Erdvolumen sich verkleinert, so geht daraus folgendes hervor: Gegenden der Erde, die, wie Konstantinopel, eine für Dislokationen mehr günstige geologische Beschaffenheit haben, werden in bezug auf ihre Oberfläche auch mit in eine immer größer werdende Spannung kommen; eine gewisse Zeitlang werden nun die bisherigen Lagen den Spannungen Widerstand leisten können; in dem Zeitpunkte aber, wo die Spannung größer als der geleistete Widerstand wird, tritt eine Dislokation und damit ein Erdbeben ein. Je größer nun die Zeit ist, während deren sich die Erde abkühlt, je kleiner deshalb ihr Volumen, und je größer die Oberflächenspannung wird, desto umfangreicher und stärker wird die Dislokation, desto stärker das Erdbeben sein. Hat sich dadurch die Spannung wieder auf Null verringert, so bleibt die Gegend von Erdbeben verschont, bis wieder jener Zeitpunkt eintritt; je früher er nun eintritt, desto geringer die Dislokation und umgekehrt. Daher die Wahrnehmung, daß bisher die stärksten Beben immer am Ende der größten Ruhepausen stattfanden."

Allein auch noch einen andern wichtigen Schluß glaubt Verf. daraus ziehen zu können. „Wenn wir nämlich aus verschiedenen Anzeichen auch Faktoren vulkanischer Natur nicht ganz ausschließen dürfen, so paßt dies auch für unsere Beobachtung. Wenn ein Magmanest und einsickerndes Wasser die Ursache von Dämpfen sind, welche ihrerseits natürlich wieder eine Spannung für den Fall, daß kein Austrittsventil vorhanden ist, bedingen, so ist wieder ohne weiteres klar, daß die Spannung dieser Dämpfe um so höher ist, je länger die Zeit ist, während deren die Dampfbildung vor sich geht. Wir hätten dann eine doppelte Spannung, die aus tektonischen Ursachen und die von der Dampfbildung herrührende, welche gemeinsam wirken und die Dislokation in dem mehrmals erwähnten Zeitpunkte veranlassen müssen. Es mag wohl sein, daß dabei der weitaus größere Anteil auf die tektonische Ursache fällt, aber vielleicht ist gerade das Mitwirken der Dampfspannung neben der geologischen Beschaffenheit schuld, daß die Dislokation gerade hier und nicht irgend wo anders eintritt. Mit dieser Hypothese wollen wir noch eine weitere Beobachtung verbinden. Wo uns nämlich die Stoßrichtung überliefert ist oder erschlossen werden kann, herrscht die Richtung Nord-Süd weitaus vor. Abweichungen nach Ost oder West kommen ja vor, doch ist Nord-Süd die Hauptrichtung. Die diesbezüglichen Beobachtungen sind:407: NW-SO; 1752: NO-SW; 1770: N-S; 1719: NW-SO; 1803: N-S; 1829: NO-SW; 1838: N-S; 1865: N-S; 1894: NO-SW. Dazu kommen allerdings noch zwei genau entgegengesetzte Angaben, nämlich 1766: S-N und 1811: S-N; allein abgesehen davon, daß vielleicht irrige Auffassung oder Berichterstattung vorliegen kann, ist diese Tatsache doch nicht so störend, als wenn die Stoßrichtung O-W oder W-O wäre. Ich glaube, eins wenigstens aus dieser auffallenden Übereinstimmung der Stoßrichtungen folgern zu dürfen, daß nämlich ein und dieselbe Ursache bei allen Erdbeben von Konstantinopel wirksam war."

Die Erdbeben in Japan. Omori, Direktor des meteorologischen Observatoriums in Tokyo, hat hierüber in einer japanischen Zeitschrift eine interessante Studie veröffentlicht. Aus derselben teilt M. Kutschera (Yokohama) in den Mitteilungen der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien [1]) folgendes mit:

Im Jahre 1855 wurden zuerst seitens der Regierung Vorkehrungen getroffen, um Nachrichten aus allen Teilen des Landes über seismologische Beobachtungen zu sammeln, womit die verschiedenen Distrikts- und Gemeindeämter betraut wurden. Ende 1901 gab es 1600 solcher Beobachtungsstationen. Aus den auf diesem Wege gesammelten Berichten ergab sich, daß in den 13 Jahren bis 1897 in Japan nicht weniger als 17 750 Erdbeben vorkamen, was ein jährliches Mittel von 1365 ergibt. Das Minimum war 472 im Jahre 1886, während im Jahre 1894 ein Maximum von 2729 erreicht wurde. Diese Ziffern geben nur die Erdbeben an, welche ohne Zuhilfenahme von Instrumenten direkt wahrgenommen werden konnten, während natürlich die Anzahl vielfach größer wäre, wenn die von empfindlichen Apparaten angezeigten mitgezählt würden. So zeigen z. B. die feinen Instrumente des Observatoriums in Tokyo jährlich um 500 Beben mehr an als die gewöhnlichen Seismographen.

Anzahl der stärkern Erdbeben. Authentische und daher verläßliche Aufzeichnungen über bedeutendere Erderschütterungen reichen bis in die Zeit des fünften Jahres der Regierung des Kaisers Inkyo (416 n. Chr.) zurück. Von dieser Zeit bis zum Jahre 1898, das ist durch einen Zeitraum von 1482 Jahren, kamen in Japan 223 schwere Erdbeben vor, die mehr oder minder Schaden an Leben und Eigentum anrichteten oder die Konfiguration des Landes veränderten. Die Aufzeichnungen aus der Zeit vor dem Beginne der Tokugawaregentschaft (des Shogunates) sind natürlich infolge der damals noch recht mangelhaften Kommunikationen sehr unvollständig. Diese Unvollkommenheit wurde durch das Shogmate behoben und wurden während einer Periode von 299 Jahren (bis 1898) in Japan 108 Erdbeben von mehr oder minder unheilvollem Charakter aufgezeichnet. Mit andern Worten: es kam (im Mittel) alle zweieinhalb Jahre solch eine besonders heftige Erderschütterung vor. Teilt man diese Erdbeben in lokale und allgemeine, wobei unter erstern solche verstanden werden sollen, die nicht über den Bereich einer Provinz hinausreichen, während die letztern jene sind, die sich über zwei und mehr Provinzen erstrecken, so hatte Japan in dieser Periode 149 lokale und 74 allgemeine Erdbeben.

Wird Japan durch den Bogen eines Kreises, dessen Zentrum in der Japansee liegt, in zwei Zonen geteilt, so kommen in den innerhalb des Bogens, also an der Japansee liegenden Distrikten mehr lokale Beben vor, während in den außerhalb an der pazifischen Küste ge-

---

[1]) Bd. 46. Nr. 9 u. 10.

legenen Provinzen die allgemeinen Erdbeben häufiger auftreten, die dann auch nicht selten von unheilvollen Flutwellen begleitet sind.

Das Auftreten dieser Flutwellen wird damit erklärt, daß die an der pazifischen Küste vorkommenden Erdbeben von einem im Meeresgrunde liegenden Zentrum ausgehen. So kamen beispielsweise von den 26 schweren Erdbeben, welche von Flutwellen begleitet waren, während der letzten drei Jahrhunderte 23 an der pazifischen Küste und nur 3 an der Japansee vor.

Die erwähnten 223 schweren Erdbeben wiesen naturgemäß große Verschiedenheit an Intensität auf, und verzeichnet der genannte Autor zehn der schwersten, von denen sieben von Flutwellen begleitet waren. Er gibt folgende Daten an:

1. Im Jahre 684 am 26. November ein starkes Erdbeben, welches sich über Shikoku, die am Golfe von Ise gelegenen Provinzen, dann Tatomi, Sunga und Isu erstreckte.

2. Am 20. September 1498 ein Beben, welches 18 Provinzen in Kinai, Tokaido und Tosando erschütterte.

3. Am 18. Januar 1586 ein Erdbeben, 16 Provinzen in Kinai, Tokaido und Hokuriku umfassend.

4. Am 31. Januar 1605 in Kyushu, Shikoku und Tokaido.

5. Am 16. Juni 1662 in Kinai, Hokuriku und San-in.

6. Am 28. Oktober 1707 ein sehr schweres Erdbeben, dessen Ära fast das ganze Hauptland, mit Ausnahme des nordwestlichen Teiles, dann Shikoku und Teile von Kyushu umfaßte.

7. Am 7. Juli 1854 heftige Erschütterung in 13 Provinzen in Kinai und Tokaido, dann Tamba, Harima und Echigo.

8. Am 23. Dezember 1854 Erdbeben in 16 Provinzen in Tokaido.

9. Am 24. Dezember 1854 große Erderschütterung mit einer Ausdehnung über 32 Provinzen in Kyushu, Shikoku, Kinai, Sanyo-do und San-in-do.

10. Am 28. Oktober 1891 Beben in elf Provinzen in Tokaido und Kinai.

Wie sich aus dieser Zusammenstellung ergibt, sind die Distrikte in Kinai, das ist um Kyoto und dann jene des Tokaido am meisten den heftigern Erdbeben mit großer Ausdehnung unterworfen. Besonders ungünstig sind in dieser Beziehung die zwei Provinzen von Musashi und Sagami daran, welche, an der oben beschriebenen Grenze der Zonen der lokalen und der allgemeinen Erdbeben liegend, von beiden Gattungen heimgesucht werden und außerdem oft selbst der Herd lokaler Erdbeben sind. Daher die ungewöhnliche Häufigkeit seismologischer Störungen an diesen beiden Orten.

Anderseits sind Kozuke, Hida, Tajima und noch zwei oder drei Provinzen in Mitteljapan von dieser Kalamität nahezu frei zu nennen.

Erdbeben in Tokyo. Wenn auch Tokyo wegen der Häufigkeit von Erdbeben bekannt ist, so kommen dort doch weniger vor als in

einigen andern Punkten Japans. Während der im Jahre 1901 endigenden 26-jährigen Periode der Beobachtungen kamen 2485 Erdbeben vor, wobei natürlich jene Fälle ausgeschlossen sind, die nur mit empfindlichen Instrumenten beobachtet wurden. Das Jahresmittel stellt sich demnach auf 96. Die Erfahrung lehrt, daß Tokyo im allgemeinen mehr Erdbeben während des Sommers und Herbstes hat als im Winter oder Frühlinge. Ebenso zeigt sich bezüglich der Tageszeit, daß in den Stunden von 9 bis 10 Uhr morgens, sowie von 10 bis 11 Uhr abends mehr Erdbeben auftreten, und die Minima auf die Zeiten von 2 bis 3 Uhr morgens und 3 bis 4 Uhr abends fallen. Diese Eigentümlichkeit kann augenscheinlich dem Unterschiede des Luftdruckes zugeschrieben werden, da in Tokyo der höchste Barometerstand (der täglichen Schwankung) um 9 Uhr vormittags und 9 und 10 Uhr abends verzeichnet wird, während die Minima auf 3 Uhr morgens und 3 Uhr nachmittags fallen.

Während der letzten 50 Jahre seit dem heftigen Erdbeben der Anseiperiode (1854) kamen in Tokyo zwei schwere Erderschütterungen vor, und zwar in den Jahren 1884 und 1894. Einige Fälle von Tötungen und Verwundungen, sowie Zerstörungen von Gebäuden kamen bei letzterm, welches das heftigere war, vor, doch waren die an Leib und Leben verursachten Schäden durch die stürzenden Baulichkeiten, also nicht direkt durch das Erdbeben selbst verursacht.

Seismometrische Beobachtungen über japanische Fernbeben 1893 bis 1897. E. Rudolph hat hierüber eine Untersuchung veröffentlicht,[1]) welche den ersten Abschnitt des zweiten Teiles einer größern Abhandlung bildet, von welcher der erste Teil unter dem Titel „Seismometrische Beobachtungen, Bearbeitung der von 1889 bis 1897 registrierten seismischen Störungen“, früher erschienen ist.[2]) Unter Zuziehung der Charkower Beobachtungen verfügt Verf. über eine fast lückenlose Beobachtungsreihe von fünf Jahren, innerhalb welcher Zeit nicht weniger als 24 japanische Erdbeben auf der europäischen Fernstation registriert wurden. Folgende Tabelle, auf S. 171, ist das Verzeichnis dieser Erdbeben.

Prof. Rudolph gibt dann eine Beschreibung der meisten Erdbeben, wobei die makroseismischen Angaben zuerst erwähnt werden. Dieselben haben nur den Zweck, eine Vorstellung von der Verbreitung und Intensität des Bebens zu geben, sowie die Bestimmung der Lage des Epizentrums zu ermöglichen. Die Beschreibung der mikroseismischen Störungen beschränkt sich auf die Hervorhebung der verschiedenen Phasen, welche der Berechnung zugrunde gelegt worden sind. Den Schluß bilden zwei Tabellen, von denen die erste eine übersichtliche Zusammenstellung der Zeitpunkte für die verschiedenen

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik. **6**. p. 377.
[2]) Gerlands Beiträge zur Geophysik. **5**. p. 94.

Phasen an den einzelnen Stationen gibt. Die zweite enthält die danach berechneten Werte der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, in Kilometern pro Sekunde ausgedrückt. Für die Geschwindigkeit der Wellen der ersten Phase (v_1) sind zwei Werte berechnet, je nachdem

4. Verzeichnis der japanischen Fernbeben in den Jahren 1893—1897.

Nr.	Datum	Zeit des Bebens MOZ. Tokyo.	Epizentrum	Ausgangspunkt
	1893	h m s	Nemuro	
1	Juni 13.	7 44 16 p.		
2	August 22.	9 37 55 a.		Tokyo
	1894			
3	Februar 20.	8 29 3 a.	Tokyo	
4	„ 25.	4 17 42 a.	Hakodate	
5	März 22.	7 27 49 p.	43° NBr. 146 ELg.	
6	Mai 10.	4 11 39 a.	Tokyo	
7	Oktober 7.	8 30 3 p.	„	
8	„ 22.	5 36 31 p.	Sakata	
9	November 28.	1 5 22 a.		Tokyo
	1895			
10	Januar 18.	10 48 24,5 p.	Chōshi (Musashi-Ebene)	
11	Juni 24.	1 47 57 p.		Tokyo
	1896			
12	Januar 9.	10 17 16 p.		Tokyo
13	Juni 15.	7 34 14 p.		Miyako
14	„ 16.	4 16 30 a.		Tokyo
15	„ 16.	8 1 14 a.		„
16	„ 17.	0 48 28 p.		Miyako
17	August 31.	4 42 11 p.	39° 30′ NBr. 140° 18′ ELg.	
18	„ 31.	5 9 33 p.	39° 30′ „ 140° 18′ „	
19	November 18.	11 8 19 a.		Tokyo
	1897			
20	Februar 7.	4 38 33 p.	39° 20′ NBr. 140° 41′ ELg.	
21	„ 20.	5 49 23 a.	38° 14′ „ 143° 47′ „	
22	August 5.	9 12 23 a.	38° 15′ „ 143° 15′ „	
23	„ 15.	4 53 33 p.	39° 6′ „ 143° 40′ „	
24	Oktober 2.	9 45 19 p.	39° 10′ „ 143° 26′ „	

man die Fortpflanzung der Wellen um die Erde auf dem größten Kreise zwischen Epizentrum und Station annimmt oder eine solche auf der zugehörigen Sehne durch das Erdinnere. Die Längen der beiden Wege sind unterschieden durch d, d. i. Distanz auf dem größten Kreise, und s, d. i. die Länge der Sehne. Außerdem ist die Entfernung in Bogengraden angegeben. In der Methode der Berechnung schließt

Prof. Rudolph sich derjenigen an, welche F. Omori zuerst verwendet hat.[1]) Die Zeiten sind, wenn nicht Ortszeit besonders bemerkt ist, im M. E. Z. ausgedrückt; die Stunden sind von 0^h = Mitternacht bis Mitternacht gezählt. Es ist freilich nicht immer möglich, die Lage des Epizentrums, wenn dasselbe nicht auf das Festland der japanischen Inseln fällt, auch nur bis auf einige Grade genau festzulegen. In diesem Falle ist für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von denjenigen Daten ausgegangen, welche dem Seismogramme der dem Epizentrum am nächsten gelegenen Station entnommen werden konnten. Um diese Fälle deutlich hervorzuheben, ist in der Überschrift der betreffenden Tabellen nicht vom Epizentrum die Rede, sondern vom Ausgangspunkte. Als solcher ist stets eine seismische Beobachtungsstation genannt. Für fünfzehn von den im ganzen 24 Beben ließ sich die Lage des Epizentrums mit ziemlich großer Genauigkeit aus dem Verlaufe der Isoseisten feststellen. In diesen Fällen ist die Zeit des Bebens im Epizentrum aus dem Anfange der Störung auf der nächstgelegenen Station in der Weise berechnet, daß nach dem Vorgange von Omori für die Fortpflanzung der ersten seismischen Wellen eine Geschwindigkeit von 3.3 *km* in der Sekunde angenommen ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist aber dieser Wert zu gering und wird wohl bis auf 4 *km* in der Sekunde erhöht werden müssen. Omori geht nämlich von der Ansicht aus, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen im makroseismischen Schüttergebiete gleich derjenigen ist, welche den Wellen der fünften Phase der Fernbeben zukommt. Hierbei ist die unstreitig richtige Voraussetzung gemacht, daß beide Wellenarten sich in den obern Schichten der Erdrinde verbreiten. Neuere Erfahrungen, welche sich aus dem Vergleiche der Aufzeichnungen für vogtländische Erdbeben in Leipzig und Straßburg ergeben haben, machen es jedoch unzweifelhaft, daß schon für Entfernungen bis etwa 360 *km* vom Epizentrum die Fortpflanzungsgeschwindigkeit fast 4 *km* in der Sekunde erreicht und für größere Entfernungen bis zu 400 *km* sogar etwas über 4 *km*. Der größere Wert für die Geschwindigkeit der ersten Wellen ist lediglich eine Folge der Anwendung von Apparaten, welche wie das Pendelseismometer (System Wiechert) in Leipzig und das dreifache Horizontalpendel (System v. Rebeur-Ehlert) in Straßburg einen unvergleichlich höhern Grad von Empfindlichkeit gegen seismische Störungen besitzen als die Seismographen von Ewing und Gray-Milne, welche bis zum Jahre 1897 in Japan allein zur Verwendung kamen.

Höhenänderungen des Bodens infolge des Erdbebens vom 28. Oktober 1891 in Japan. Dieses Erdbeben, welches die alten Provinzen Mino und Owari in Zentralnippon verheerte, war eines der bedeutend-

[1]) Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign languages. Nr. 5. Tokyo 1901.

sten der letzten Jahrzehnte und hat an einzelnen Stellen dauernde Veränderungen der Bodenlage verursacht. Letztere sind durch Messungen, welche das geodätische Bureau des japanischen Generalstabes veranlaßte, und über die Sugiyama der geodätischen Konferenz zu Kopenhagen berichtet hat, festgestellt worden. Nach den Ausführungen von E. Hammer[1]) traf das Epizentrum nahezu mit einem wichtigen Nivellementsknotenpunkte zusammen (Kano bei Gifu, das die Mitte des epizentralen Gebietes bildet, liegt nur wenige Kilometer westlich oder nordwestlich davon in 35° 24′ N. und 136° 45′ Ö. Gr.); die nachnivellierten Linien gehen von ihm aus in vier Richtungen, und jede dieser Nivellementslinien ist über Punkte hinaus nachgemessen, an denen keine Änderung der Höhen gegen die frühern Zahlen mehr gefunden wurde, bis zu 80 *km* oder darüber, so daß es sich um ein sehr beträchtliches Gebiet handelt. Das Ergebnis ist, daß in einem Gebiete von 160 *km* größter Länge (in der Richtung NNW—SSO) jetzt im Vergleiche mit den Nivellierungszahlen vor dem Erdbeben 1891 sehr beträchtlich veränderte Höhen vorhanden sind. Die Änderungen gehen noch in 30 bis 40 *km* Entfernung vom epizentralen Gebiete über 10 *cm* hinaus; im Maximum sind die jetzigen Höhen um 77 *cm* größer, und dieser größten Hebung um 0.8 *m* steht eine größte Senkung von 0.4 *m* gegenüber, so daß hier eine mit großer Sicherheit nachgewiesene Veränderung der Höhen mit einer Amplitude von mindestens 1.2 *m* vorhanden ist.

Über die Energie großer Erdbeben hat in der ungarischen Akademie der Wissenschaften Prof. R. v. Kövesligethy sehr merkwürdige Untersuchungsergebnisse vorgetragen. Schon vor längerer Zeit war er zur Überzeugung gekommen, daß infolge der im Erdinnern absorbierten Energie gewisser großer Beben dort Massenumlagerungen verursacht werden, die sich in den Polhöhenschwankungen zeigen, die seit einigen Jahrzehnten die Astronomen und Geophysiker so lebhaft beschäftigen. Auf diese Schlußfolgerung ist selbständig auch der berühmte Erdbebenforscher J. Milne gekommen, der aus einer Zusammenstellung der Beobachtungen in den Jahren 1895 bis 1898 fand, daß mit der Zahl der großen, sich wenigstens über ganze Kontinente erstreckenden Erdbeben auch die Schwankung der Polhöhe zu- und abnimmt. Nach den Untersuchungen von Prof. v. Kövesligethy ergibt sich, daß bei 200 großen Erdbeben während der letzten acht Jahre die durchschnittliche Ausweichung des Poles 0.07 Bogensekunde beträgt. Aus diesem Datum berechnet der genannte Forscher daß die von den großen Beben durchschnittlich verrichtete Arbeit so groß ist, um die Erde gegen die Schwerkraft der Oberfläche um 1 bis 2 *mm* heben zu können. Hiernach würden etwa 1000 große Beben,

[1]) Petermanns Mitteil. **49.** p. 284.

falls sich deren Arbeit an der Oberfläche äußerte, genügen, um das gesamte Wasser des Ozeanes aus der Tiefe bis an die Oberfläche zu heben.

Vulkanismus.

Die Anordnung der Vulkane bildete den Gegenstand einer literarischen Studie von Wachter.[1]) Die zurzeit bekannten etwa 145 tätigen Vulkane liegen größtenteils in gewisser relativer Nähe des Meeres. Den daraus früher gemutmaßten Zusammenhang derselben mit dem Ozeane hat die heutige wissenschaftliche Anschauung aufgegeben. Man denkt die Vulkane aus dem durch tangentiale Kraftwirkung eingeleiteten Prozesse der Schrumpfung und Faltung entstanden, indem sie gewissermaßen den stehengebliebenen Bruchrand der bei dem kontinentalen Faltungsvorgange tief aufreißenden Spalten repräsentieren, während der andere Spaltenrand, der radial wirkenden Kraft nachgebend, in die Tiefe fiel, wobei der Ozean nachstürzte und so weit landeinwärts vordrang, bis ihn der wulstige, aufgetriebene Rand der oft wunderlich geknickten und verworfenen Kolossalspalte daran hinderte, weitere Landstrecken der Kontinente zu verschlucken. Man kann heute die seismischen Bewegungen der Erdkruste einteilen in vulkanische Erdbeben, Einsturzbeben und tektonische oder Dislokationsbeben, denen sich etwa noch die sekundären Mitschwebungsbeben anschließen lassen, die man auch Relaisbeben genannt hat. Bezüglich der örtlichen Verteilung der heutigen vulkanischen Tätigkeit kann man drei charakteristische, durchweg meridional verlaufende Vulkanreihen feststellen, und außerdem drei vulkanische Querriegel, die den von Norden nach Süden verlaufenden Vulkanreihen diametral entgegenstehen. Die erste Reihe ist eine gewaltige Längsspalte oder vielleicht besser ein Spaltensystem, das, über einen ehemaligen Kontinent der Tertiärzeit an Europas und Afrikas Westküste entlang ziehend, wohl das Einstürzen des Atlantischen Ozeanes veranlaßte. Die zweite vulkanische Meridionalreihe setzt auf Kamtschatka mit einer Anzahl durchweg von Norden nach Süden geordneter, dauernd vulkanisch tätiger Kegelberge ein, erstreckt sich dann über die vulkanischen Kurilen und das mit aktiven Vulkanen ausgestattete Japan hinweg bis zu der meist aus Trachyten und Basalten aufgebauten Inselgruppe der Philippinen und endigt auf dem gleichfalls fortgesetzt tätige Vulkane tragenden Celebes, um danach in dem um diese vierte der Großen Sundainseln herumgruppierten, auch mit aktiven Vulkanen reich bedachten Komplexe der Kleinen Sundainseln auf den ersten mächtigen vulkanischen Querriegel zu stoßen, der von der Nordwestspitze Sumatras aus in durchweg östlicher Richtung mit etwa 25 eminent tätigen Feuerbergen bis nach Neuguinea

[1]) Zeitschr. f. ges. Naturwiss. **76**. Globus. **85**. p. 230.

sich erstreckt. Die dritte meridionale Vulkanreihe bildet eine fast von Pol zu Pol ziehende Riesenkette sowohl erloschener als auch noch tätiger Vulkane, im Mount Elias mit 60° nördl. Br. beginnend und mit dem etwa auf dem 45.° südl. Br. liegenden patagonischen Vulkanriesen Coreobado endigend. Diese Reihe wird von einem vulkanischen Querriegel etwa in der Mitte ihrer Ausdehnung getroffen, welcher noch immer einen Hauptherd intensiver vulkanischer Reaktion bildet, wie ja erst die jüngste Vergangenheit wieder zeigte. Der dritte vulkanische Querriegel wird von der ungeheuern Bruchfalte gebildet, welche heute etwa den Boden des Mittelmeeres, des Schwarzen Meeres, des Kaspi- und Aralsees darstellt.

Die alten vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. Die tiefe, kesselförmige Einsenkung in der Nähe von Nördlingen, welche das deutsche Juragebirge in zwei Teile trennt, ist längst als alte vulkanische Bildung erkannt worden. Der nahezu kreisförmige Kessel ist scharf von der umgebenden 100 bis 150 m höher gelegenen Fläche des Tafeljura geschieden und bildet insofern ein geologisches Rätsel, als die nähere Art und Weise seiner Entstehung streitig blieb. Genauere Untersuchungen über dieses Problem und überhaupt über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries hat W. v. Knebel (Erlangen) angestellt und jetzt über die Resultate seiner Forschungen berichtet.[1])

„In keinem der zahlreichen Gebiete vulkanischer Eruptionen, sagt er, durch welche zu tertiärer Zeit unser deutscher Boden beunruhigt wurde, begegnen wir so eigenartigen Spuren ihrer ehemaligen Tätigkeit als im vulkanischen Ries von Nördlingen.

In dem Kessel selbst und ganz besonders an seiner Peripherie ist an zahlreichen Punkten vulkanischer Tuff ausgeworfen worden, welcher meistenteils wohl die Auswurfskanäle selbst erfüllt, ebenso wie uns dies Branco in dem benachbarten Vulkangebiete von Urach an ca. 130 der sogenannten Vulkanembryonen Schwabens kennen lehrte. Nirgends im Ries ist mir eine Stelle bekannt, wo eine Auflagerung von vulkanischem Tuffe auf Nachbargestein erfolgt wäre. Niemals ist, wie es scheint, so viel ausgeworfen worden, daß dies hätte stattfinden können. Gerade so wie auf dem ebenen Boden der dem Ries so ähnlichen, wenngleich zumeist viel größern Mondkratere andere, verhältnismäßig winzige Krateröffnungen vorhanden sind, welche mit der Entstehung der erstern nichts zu tun haben (denn sie sind sekundäre Bildungen), — gerade so verhält es sich mit den vulkanischen Tufferuptionen im Ries: so wichtig sie uns auch erscheinen mögen, für die geologische Entstehungsgeschichte dieses Gebietes bedeuten sie nichts anderes als das letzte Ausklingen einer Reihe schon lange zuvor begonnener ungleich gewaltigerer vulkanischer Phänomene. Diese Tufferuptionen im Ries sind nicht einmal den Vulkanembryonen Urachs völlig gleichzustellen: denn hier hat, wie Branco dartat, der Vulkanismus ohne vorherige Spalten sich den Weg durch die feste Erdrinde, gleichsam wie eine Kugel durch ein Blatt Papier hindurch, geschlagen. Anders im Ries; hier hat es einer derartigen Kraftäußerung nicht bedurft, denn lange zuvor hatte der Vulkanismus in anderer Weise den Boden dazu vorbereitet.

Durch vulkanischen Auftrieb, wie Koken sagt, oder durch einen in die Tiefe der Erdrinde sich einpressenden laccolithischen Schmelzfluß, wie Branco und Fraas meinen, ist ein Pfropfen von nahezu kreisförmigem Querschnitte — der heutige Rieskessel — hochgehoben worden. Ein Berg habe sich also an

---

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geol. Gesellschaft **55**. p. 236.

der Stelle des heutigen Rieses aufgetürmt. Von den Höhen dieses Berges seien, so meinen Branco und Fraas weiter, Abrutschungen nach allen Seiten erfolgt, und durch eine gewaltige Explosion, ähnlich der am Bandai-San, seien mit einem Schlage ungeheuere Schollen auf eine Anzahl von Kilometern beiseite geschoben worden. So seien die eigenartigen Überschiebungen älterer Gesteine auf jüngere, wie bei Hertsfeldhausen und am Buchberge, oder jüngerer Gesteine auf viel ältere, durch die Denudation bereits freigelegt gewesene Schichten entstanden.

Solche große Explosionen seien es auch gewesen, welche die oft sehr starke Zertrümmerung der Gesteine hervorgebracht haben. Die Felsenmassen sind vielerorts in kleine Bruchstücke zerschmettert; kalkhaltige Wasser haben die Fragmente wieder verkittet, so entstand das sogenannte Griesgestein, ein Zeuge explosiver, vulkanischer Tätigkeit. Durch Abrutschung und Explosion war somit das Riesgebiet zum Teile bis auf das Urgestein hinab abgetragen worden. Später aber hat es sich anscheinend noch gesenkt. Ein Kessel entstand an dessen Stelle: das Ries. In diesem sammelten sich die Wasser, einen See bildend, auf dessen Boden sich jüngere Sedimente niederschlugen. Ihre Höhenlagen zeigen an, daß auch in nachtertiärer Zeit noch Senkungen erfolgt sind. Aber trotz dieser Senkungen besteht die paradox klingende Tatsache: geologisch gesprochen ist der Rieskessel ein Berg.

Denn der Boden des Rieskessels, ja sogar die meisten der Berge in ihm bestehen aus Urgestein. Dieses liegt nun in der umgebenden Alb mehr als 400 m tief unter der Decke triassischer und jurassischer Sedimente verborgen. Wenn es hier in dem nur ca. 100 bis 150 m eingesenkten Rieskessel auf weite Strecken hin zutage liegt, so ist der Boden des Rieskessels gehoben. Das Ries ist daher in geologischem Sinne als Berg aufzufassen, auch wenn es topographisch als ein Kessel bezeichnet werden muß.

Der eigentliche Boden des Rieses, wie er nach Abschluß der vulkanischen Vorgänge aussah, ist größtenteils dem Auge des Forschers verborgen. Känozoische Bildungen verdecken den tiefern Untergrund. Erst nach deren Abtragung kann dermaleinst der Schleier über noch so manchem Geheimnis in der geologischen Geschichte des Rieses gelüftet werden.

„Das Ries ist," wie Deffner sagt, „eine in Sand und Schlamm versunkene Sphinx und gibt dem Forscher Rätsel auf, die nur durch anhaltende Bemühungen und nicht in kurzem Siegeslaufe zu lösen sind."

„An Bemühungen, die Riesprobleme zu ergründen, hat man es denn auch nicht fehlen lassen. Seit nahezu 70 Jahren wird an der Geologie des Rieses gearbeitet, und immer noch bieten sich neue Probleme, neue Tatsachen, neue Ergebnisse, deren Deutung für die Allgemeine Geologie von Interesse sind."

„Mit dem vulkanischen Riese", fährt W. v. Knebel fort, „steht ein anderes, zu geologisch gleicher Zeit entstandenes Vulkangebiet in nächstem Zusammenhange. Dasselbe ist dem eigentlichen Riese vorgelagert; gleich dem Riese selbst ist es topographisch eine, wenn auch minder deutlich ausgesprochene Senke, welche das Riesgebiet im Süden halbmondförmig umgibt. Gümbel hat es als vulkanische Gürtelzone bezeichnet und mit dem Riese in direkte Verbindung gebracht. Branco und Fraas haben es aus bestimmten Gründen das Vorries genannt und ihm eine größere Selbständigkeit zugeschrieben.

Wie das Verhältnis beider Gebiete vulkanischer Tätigkeit auch sein mag, jedenfalls sind Ries und Vorries ganz analoge Gebilde.

In beiden Vulkangebieten hat sich die extrusive vulkanische Tätigkeit auf ihre explosive Seite beschränkt; nirgends sind größere Schmelzmassen dem Erdinnern entquollen. In beiden Gebieten kommen jene durch große Explosionen zerschmetterten Gesteine vor, welche unter dem Namen Gries bekannt sind. In beiden Gebieten haben wir dislozierte Massen, welche man als Überschiebungen bezeichnen muß. In beiden Gebieten endlich haben, wie hier gezeigt werden soll, in nachtertiärer Zeit Einsenkungen stattgefunden. Ries

und Vorries sind demnach einander sehr ähnlich; aber doch wiederum auch bedeutend verschieden.

Einmal ist das Ries das große Vulkangebiet, an welches das viel unbedeutendere Vorries sich — wenigstens in topographischem Sinne — parasitär anschmiegt. Sodann haben die vulkanischen Kräfte im Ries die ganze Decke mesozoischer Sedimente entfernt. Im Vorriese dagegen hat der Vulkanismus dieselben nur zu zerrütten, nicht aber wegzuschaffen vermocht. So betrachten wir das Vorries als das Produkt einer dem Riese zwar gleichartigen, aber viel unbedeutendern Erscheinungsform des Vulkanismus. Da derselbe im Vorriese nicht in gleichem Maße zerstörend gewirkt hat als im Riese selbst, so kann man auch hier viel eher Studien über die besondere Wirkungsweise und Aufeinanderfolge der vulkanischen Vorgänge machen: Was im Vorriese gering auftritt, ist im Riese gigantisch; was der Vulkanismus im Riese vollendet hat, ist im Vorriese nur angedeutet. Das Ries ist ein vollendetes Vorries, das Vorries ein in embryonalem Zustande abgestorbenes Ries. Die Erkenntnis der relativ einfachen Verhältnisse im Vorriese bietet daher auch wohl den Schlüssel für das Verständnis der ungleich kompliziertern Erscheinungen des Rieses.

Namentlich gilt dies in bezug auf die Erkennung von Alter und Reihenfolge der Erscheinungen, in welchen der Vulkanismus umgestaltend wirkte. Hier im Vorriese brandeten an den Jurahöhen zu miozäner Zeit die Meereswogen. Marine Sedimente bildeten sich. Ihnen folgten in obermiozäner Zeit Süßwasseranlagen. Aus der Kenntnis des Alters und der Aufeinanderfolge der Schichten kann man auf das Alter und die Aufeinanderfolge der vulkanischen Vorgänge schließen.

Sodann vermögen wir aus den Studien im Vorriese über die Vergriesung uns ein Bild von der Art und Weise dieser gewaltigen Explosionen zu machen.

Endlich ist auch im Vorriese die Möglichkeit gegeben, das Auftreten des vulkanischen Tuffes und dessen Bedeutung in der Gesamtheit der komplizierten vulkanischen Phänomene zu erkennen."

Diese drei Hauptpunkte werden nun nach v. Knebel an der Hand seiner Untersuchungen eingehend erörtert und die daraus sich ergebenden Folgerungen gezogen. Was das Vergriesungsphänomen und gewisse damit verbundene Überschiebungen der Schichten anbelangt, so sind folgende die Hauptergebnisse v. Knebels: „1. Durch große Explosionen — höchstwahrscheinlich, wie Branco dargelegt hat, durch den Kontakt glutflüssigen Magmas mit unterirdischen Wasseransammlungen hervorgebracht — wurden die Vergriesungsgebiete durch Emporschleudern der ganzen Schichtenmassen geschaffen. 2. Bei diesem Vorgange wurden große Schollen im Riesgebiete viele Kilometer weit auf das Nachbargestein übergeschoben. Es entstanden jene rätselhaften Überschiebungen, wie z. B. die Buchberg-Beiburg-Überschiebung, die von Hertsfeldhausen, sowie die der Karksteine, des Käsbühls und Sigart. Auch im Vorries fanden, wie die geologischen Studien bei Dischingen zeigten, Überschiebungen, wenn auch in kleinerm Maßstabe, statt. 3. Die Zeit, in welcher die Vergriesung und die Überschiebungen geschahen, ist postmittelozän, jedoch präobermiozän, dies wurde durch ein Tertiärprofil in der Schlucht von Dischingen erwiesen und wird durch die zuvor erwähnten Überschiebungen ebenfalls bei Dischingen im Vorriese des weitern bestätigt. Denn es sind hierselbst vergrieste Massen auf die obere mittelmiozäne Masse überschoben worden."

Die beschriebenen Wirkungen großer Explosionen wurden offenbar durch Heraufsteigen vulkanischer Magmamassen aus der Tiefe hervorgerufen. „Bei diesen Explosionen", fährt v. Knebel fort, „ist anscheinend ein großer Teil der dem Magma ursprünglich innewohnenden Energie verbraucht worden, so daß unmehr eine Ruhepause in den vulkanischen Vorgängen im Riese eintrat. Jedoch waren damit die vulkanischen Kräfte keineswegs erschöpft, vielmehr kam es noch zu zahlreichen vulkanischen Eruptionen, deren Produkte uns in dreierlei verschiedener Gestalt entgegentreten. Man muß folgende drei

Arten extrusiver vulkanischer Tätigkeit im Riese unterscheiden: 1. reine Gaseruptionen, 2. liparitische Tuffe, 3. Lavaergüsse.

Alle diese extrusiven, vulkanischen Vorgänge stellen einen neuen Abschnitt in der geologischen Geschichte dar, welcher von vulkanischen Explosionen zu trennen ist. Denn von diesen hat Branco dargetan, daß es sich hier wahrscheinlich um nichts anderes als „Kontakt"-Explosionen handelt, welche also nur eine mittelbare Wirkung der vulkanischen Kräfte darstellen. Die nunmehr zu besprechenden vulkanischen Eruptionen sind dagegen wohl als eine Folge der explosiven Kraft des gasreichen Magmas selbst anzusehen.

Die Gaseruptionen unterscheiden sich von der „Kontakt"-Explosion durch ihre räumliche Beschränkung, welche ihnen den Charakter echter vulkanischer Tuffe verleiht. Das Vorhandensein solcher reinen Gaseruptionen im Riese ist früher nicht bekannt gewesen. Erst durch die Studien von Branco und E. Fraas sind dieselben erkannt worden. Diese Autoren beobachteten in den durch vulkanische Kräfte aufgepreßten Graniten des Vorrieses, sowie auch an einzelnen Punkten im Riese selbst, daß der Granit von gangförmig auftretenden Massen zerstiebten Urgesteinmateriales durchsetzt wird. Diese nennt Branco „granitische Explosionsprodukte" und begründet diese Bezeichnungsweise. Da aber die granitischen Explosionsprodukte von den übrigen (liparitischen) Tuffen des Riesgebietes sich nur durch den Mangel an Auswürflingen vulkanischen, d. h. magmatischen Materiales unterscheiden, so könnte man ihnen, wie v. Knebel ausführt, immerhin im Gegensatze zu den letztern auch den Namen „granitische Tuffe" geben. Diesen Ausdruck hält er deswegen nicht für ungenau, da nicht einmal größere Auswürflinge granitischen Schmelzflusses als Granite, sondern als Liparite erstarren müßten, noch viel weniger als die zumeist fein zerblasenen Massen; denn ein solches Magma könnte bei der sehr schnellen Erstarrung, welcher ausgeblasenes Material notwendig unterworfen ist, nicht die Tiefgesteinsstruktur der Granite annehmen. Daher glaubt er, daß der Ausdruck „granitischer Tuff" besser ist als „granitisches Explosionsprodukt". Diese Art vulkanischen Tuffes ist durch die zahlreichen Einschlüsse verschiedener Urgesteinsvarietäten und Gneis in einer roten, erdigen, oft stark zurücktretenden Grundmasse charakterisiert.

Branco sprach, auf mehrere Gründe gestützt, die Vermutung aus, daß diese rote Grundmasse wahrscheinlich nichts anderes als ein durch die Explosion zerblasener Granit und nicht, wie man vielleicht meinen könnte, ein völlig zersetzter rhyolitischer Tuff sei. Eine Schlämmung dieser Grundmasse, welche Schowalter im mineralogischen Institute der Universität Erlangen ausführte, und der Verf. mitteilte, hat die Ansicht Brancos bestätigt. Es ergab sich, daß diese Masse ganz ausschließlich aus völlig zerriebenem granitischen Materiale besteht, und daß ausgespratzter Schmelzfluß dieser Masse nicht beigemengt ist.

W. v. Gümbel hat die granitischen Explosionsprodukte nicht von dem Granite getrennt, in dem sie auftreten, sondern das Ganze als Granit in den geognostischen Kartenblättern eingetragen, obwohl sie stellenweise Einschlüsse jüngern Gesteines enthalten. Ohne die Ausdrücke „granitische Explosionsprodukte", „granitische Tuffe" zu beanstanden, möchte v. Knebel dieselben hier vermeiden, da durch weitere Beobachtungen über diese Erscheinungsform extrusiver, vulkanischer Tätigkeit ihm andere Vorkommen bekannt wurden, welche hinsichtlich ihrer Entstehung von den granitischen Tuffen sich nicht unterscheiden, jedoch so viele andere Einschlüsse jüngern Gesteines führen, daß das Urgesteinsmaterial im Verhältnisse zu letzterm völlig zurücktritt. Solche Tuffe kann man daher kaum mehr als granitische bezeichnen; deswegen wendet er den ganz allgemeinen Ausdruck „reine Gaseruptionen" an, welcher nichts in bezug auf das ausgeworfene Gesteinsmaterial aussagt, sondern nur andeutet, daß, abgesehen von den hervorgebrochenen Gasen, kein vulkanisches Material, d. h. also kein Magma, ausgeworfen wurde.

Die häufigste Erscheinungsform des extrusiven Vulkanismus im Riese sind gewisse Tuffe, die man früher einfach als vulkanischen Tuff oder Traß be-

zeichnete. Letztern Namen hat jedoch schon Cotta für unzweckmäßig gehalten, da das unter dem Namen „Traß“ bekannte Gestein des Brohltales mit dem vulkanischen Tuffe des Rieses nicht identisch ist. Zum Unterschiede von den „Bläsern“, den reinen Gaseruptionen, bzw. granitischen Explosionsprodukten hat Branco den von jeher bekannten vulkanischen Tuff des Rieses als „liparitischen Tuff“ bezeichnet.

Dieser liparitische Tuff ist nach v. Knebel ebenso wie die „reinen Gaseruptionen“ von dem Vergriesungsvorgange und von dem gleichzeitigen Überschiebungsakte durch ein Zeitintervall getrennt. Dies haben schon Branco und Fraas angenommen.

Sehr wohl für denkbar hält v. Knebel, daß alle diese Tuffe des Riesgebietes an Ort und Stelle hervorgebrochen und in die gewaltig großen, vulkanischen Essen zurückgefallen sind. Die Tuffe besitzen also seines Erachtens eine durchgreifende Lagerung und sind nicht deckenförmig gelagert, wenigstens ist noch niemals solches nachgewiesen worden. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, daß es niemals Tuffdecken im Riese gegeben habe; sie könnten ja bereits der Abtragung zum Opfer gefallen sein. Indessen dürfte wohl niemals so viel ausgeworfen worden sein, daß größere Decken zustande gekommen wären, sonst würde man wohl Reste derselben antreffen müssen.

Was die Ursachen der extrusiven, vulkanischen Tätigkeit im Riese anbelangt, so äußert sich v. Knebel darüber in folgender Weise: „Die vulkanischen Eruptionen sind nicht wie die Vergriesung auf „Kontakt“-Explosionen zurückzuführen, sondern sie sind wohl als eine Folge der explosiven Kraft des gasreichen Magmas selbst anzusehen. Für diese Annahme spricht der ungemein hohe Wassergehalt, welcher vielen der ausgeworfenen Schlacken eigen ist. Das in den Lavaauswürflingen des Rieses eingeschlossene Wasser ist wahrscheinlich ursprünglich im Magma selbst gelöst enthalten gewesen; bei dem allmählichen Erstarren desselben frei werdend, mag es das Herausspratzen vulkanischen Tuffes bewirkt haben. Jedenfalls glaube ich nicht annehmen zu dürfen, daß auch bei der Entstehung der vulkanischen Tuffe „Kontakt“-Explosionen mitgewirkt haben, wie sie zur Erklärung des Vergriesungsphänomens angenommen werden mußten. Denn bei solchen Explosionen wäre es kaum erklärlich, wie Gase in den Schmelzfluß selbst hätten gelangen können, da dieselben sich doch nach oben Bahn brachen.

Deswegen müssen meines Erachtens die Eruptionen im Riese von den „Kontakt“-Explosionen genetisch scharf getrennt werden, wie auch Branco schon die letztern als zeitlich den erstern vorangehend, als zwei verschiedene Ereignisse annimmt. Meine Studien haben ergeben, daß nach Beendigung der großen „Kontakt“-Explosionen eine Zeit der Ruhe eintrat, nach deren Verlauf erst die extrusive, vulkanische Tätigkeit begann.

Drei Ereignisse sind also auseinander zu halten, erstens das Aufsteigen lakkolithischen Schmelzflusses, zweitens die „Kontakt“-Explosionen, welche die Vergriesung hervorriefen, drittens nach Ablauf einer, geologisch gesprochen, kurzen Ruhezeit die extrusive, vulkanische Tätigkeit.

In ihren Wirkungen waren die an zweiter Stelle genannten „Kontakt“-Explosionen am gewaltigsten. Einmal haben sie, abgesehen vom Riese selbst, im Vorriese bis zur Donau hin und vielleicht noch darüber hinaus große Gebiete erschüttert, es entstanden die Vergriesungsgebiete. Sodann haben sie Überschiebungen teils älterer Schollen auf jüngere, teils jüngerer auf ältere, durch die Abtragung bereits freigelegt gewesene verursacht. So die gewaltigen Überschiebungen des Buchberges und der Beiburg, welche sich als eine einzige noch in Zusammenhang befindliche Überschiebung herausgestellt haben, ferner die große Karkstein-Käsbühl-Sigart-Überschiebung, sowie die Überschiebungen von Hertsfeldhausen und der sogenannten Klippen im Westen des Rieses.

Minimal dagegen sind im Vergleiche zu letztern in ihren Wirkungen die Eruptionen des Rieses. Sie haben, wie Branco und Fraas schon hervorgehoben haben, einen embryonal-vulkanischen Charakter, gerade wie die Vulkan.

embryonen des Uracher Gebietes. Nur ist der Vulkanismus dort gewaltiger hinsichtlich der Wirkungen gewesen, er hat sich selbst Ausgang verschafft, unabhängig von Dislokationen in der Erdrinde. Hier aber war der Boden durch die „Kontakt"-Explosionen bereits zerrüttet. „Loci minoris resistentiae" waren sehr zahlreich vorhanden, so daß der Vulkanismus mit nur einem geringen Maße von eigener Arbeit sich den Weg durch die Erdrinde hindurchbahnen konnte. Hierauf möchte ich, wie oben erwähnt, die bedeutende Größe einiger der Eruptionsgebiete zurückführen.

In dreierlei verschiedener Form ist der Vulkanismus extrusiv geworden. Als Produkte reiner Gaseruptionen treten uns einmal die „granitischen Explosionsprodukte" des Rieses entgegen, sodann der höchst eigenartige, neu aufgefundene vulkanische Tuff von Zöschingen. Als liparitische Tuffe hat Branco die von jeher im Riese bekannten vulkanischen Tuffe von den granitischen gesondert. Meine Beobachtungen haben gezeigt, daß die beiden extrusiven vulkanischen Vorgänge zu geologisch gesprochen gleicher Zeit sich ereigneten. Das Altersverhältnis beider untereinander ist noch nicht sicher festgestellt.

Die dritte Form extrusiver, vulkanischer Tätigkeit, welche uns in dem Gesteine von Amerbach entgegentritt, bestand in einem Aufstiege von Rhyolithlava. Ob es aber zu einem Lavastrome gekommen ist, ist zweifelhaft, ja sogar unwahrscheinlich; denn der Vulkanismus hat sich im Riese eben vorwiegend von seiner explosiven Seite gezeigt.

Dies die Resultate, zu welchen die Studien im Riesgebiete bis jetzt geführt haben. Damit sind aber noch keineswegs alle Probleme gelöst, welche das Ries dem Geologen stellt; namentlich ist noch eine weitere Form vulkanischer Tätigkeit schwer zu erklären, das sind die Aufpressungen älterer Gesteine durch jüngere hindurch, von welchen Koken bei Hohlheim im Riese spricht, und welche auch Branco zur Erklärung der Granite des Vorrieses in der abnormen Höhenlage zwischen den Massen des obern Weißen Jura annimmt. Einzelbeobachtungen über dieses in seiner Wirkungsweise noch niemals studierte Phänomen bleiben weitern Studien vorbehalten."

Die Ausbruchsperiode des Mont Pelé 1902 bis 1903 und ihre Bedeutung für die Vulkanforschung. [1]) Die gewaltige Katastrophe, durch welche die Stadt St. Pierre mit allen Bewohnern den Untergang gefunden, steht in dieser Art einzig da, allein vom vulkanologischen Standpunkte aus hat dieser Ausbruch keine Erscheinungen gezeitigt, die nicht auch schon anderwärts bei Vulkanausbrüchen beobachtet worden wären. Darauf hat nachdrücklich der Altmeister der Vulkanforschung, Dr. A. Stübel, bestanden, und die Sachkenner konnten ihm nur beipflichten. Nachdem aber die jüngste eruptive Tätigkeit des Mont Pelé ihren Höhepunkt überschritten hatte, etwa seit August 1902, begann sich an dem Berge eine Neubildung zu zeigen, deren Auftreten man bis dahin niemals durch unmittelbare Beobachtung hatte feststellen können, und die gleichzeitig geeignet ist, helles Licht auf ähnliche vulkanische Bildungen zu werfen, welche wie ungelöste Rätsel an nicht wenigen Stellen der Erdoberfläche dem Forscher entgegentraten. Es ist wiederum Dr. Stübel, der die wahre Bedeutung dieser Erscheinung sogleich erfaßte und in einer wichtigen Abhandlung jüngst [2]) entwickelt hat.

---

1) Gaea 1904. p. 470.

2) Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mont Pelé auf Martinique, vom theoretischen Standpunkte aus. Leipzig 1904.

Das Phänomen, um welches es sich handelt, ist das allmähliche Emporwachsen und spätere Wiederverschwinden eines obeliskförmigen Felsens oder einer Felsnadel aus einem Staukegel oder vulkanischen Konus, der den alten Krater des Mont Pelé ausfüllte und seinerseits allmählich über den Rand des letztern emporgewachsen ist. Die beste Schilderung des Eindruckes, welchen diese ungeheuere Felsnadel auf den Beschauer machte, hat Georg Wegener gegeben, der zusammen mit Karl Sapper am 25. März 1903 den Vulkan besuchte und bis zu dessen Gipfel vordrang. Im folgenden ist seine Schilderung wiedergegeben, wobei zu bemerken, daß, was er Konus nennt, die Felsnadel selbst ist, während er den eigentlichen Konus, aus dem sie hervorragte, offenbar nicht zu Gesicht bekommen hat. „Was zunächst unsere Aufmerksamkeit einzig in Anspruch nahm (am Kraterrande stehend), war die Riesengestalt des Konus, der nunmehr plötzlich in fast schreckhafter Nähe und Größe zwischen den Nebeln vor uns stand. Aus den Tiefen des Kratergrabens stieg er empor zu einer Höhe, die mindestens 300 *m*, die Höhe des Eiffelturmes, erreichte, und dabei mit einer Steilheit der Wände, die auf der Rechten siebzig und mehr Grade betrug, zur Linken aber senkrecht, ja stellenweise überhängend erschien. Wir waren jetzt dicht an seinem Fuße, kaum 100 *m* von ihm entfernt, aber rätselhafter, unwahrscheinlicher als je zuvor, stand er vor uns und über uns. Man begriff nicht, wie ein steinernes Gebilde von solcher Steilheit und Höhe sich nur halten, geschweige denn, wie es entstanden sein könnte. Das allerdings erkannten wir auf den ersten Blick: die Anschauung, er sei aus übereinander gefallenen Blöcken gebildet, war unrichtig; der Konus war ein einheitliches Gebilde, das mit breiten, glatten Wandflächen aufstieg. Freilich wurde es dadurch nur um so rätselhafter."

Am Tage nachher hatte der Mont Pelé einen Ausbruch, den Wegener und Sapper aus 9 *km* Entfernung mit einem guten Touristenglase beobachteten. Bei demselben sahen sie längs den Wänden der Felsnadel bis fast zu der Spitze Glühpunkte aufleuchten, die aber nicht abwärts zogen, sondern an Ort und Stelle verharrten. Die Beobachter kamen zu der Überzeugung, daß an jenen Stellen Teile des äußern Mantels abgesprungen seien, und dadurch das glühende Innere der Felsnadel zutage getreten sei. So wurde den Beobachtern klar, daß diese letztere aller Wahrscheinlichkeit nach eine Lavamasse von sehr zäher Konsistenz war, die unausgesetzt langsam durch einen senkrechten Schlot herausgepreßt wird und beim Austritte an die Luft, außen wenigstens, erstarrt. Also eine Art ungeheuerliche Wurst von Lava."

Dr. Stübel macht darauf aufmerksam, daß nach den Angaben des französischen Geologen A. Lacroix der eigentliche Konus schon seit Mai 1902 vorhanden war, ein ungeheuerer Wulst aus Andesitlava, der wie ein an der Oberfläche gewölbter Kuchen den alten Krater im Innern ausfüllte, lange bevor der obeliskähnliche Felszacken aus ihm

emporwuchs. Der Lavakuchen wuchs allmählich empor, am 11. August hatte er, aus der Ferne gesehen, die Höhe des Kraterrandes erreicht, Mitte Oktober war er 90 *m* höher als dieser und zeigte einen Mittelzacken (Piton), der andere ähnliche erheblich überragte. Der Konus lag nicht zentral über dem alten Krater, sondern nordwestlich davon, und der Felszacken erhob sich im nordöstlichen Teile des Konus. Dieser Zacken, der damals etwa 100 *m* Höhe besaß, ist nichts anderes als die Felsnadel, welche später noch an Höhe zunahm. Die Tatsache, daß die Nadel aus einem Konus, der von kohärenter Lava gebildet ist, sich erhob, wird auch von Edmund O. Hovey bestätigt, der von Nordamerika zur fachmännischen Untersuchung nach Martinique gesandt war. Nach seinen Angaben wuchs die Nadel seit Mitte Oktober so rasch empor, daß sie am 8. November 100 *m* Höhe zu haben schien. Während der Zeit vom November 1902 bis März 1903 war der Gipfel des Mont Pelé wie gewöhnlich um diese Jahreszeit von Wolken umhüllt, und deshalb konnte von der Felsnadel nichts Genaues gesehen werden. Ende März aber maß eine französische Kommission trigonometrisch die Höhe der Nadel über dem alten Kraterrande (Morne La Croix) zu 338 *m*. Nach Major W. M. Hodder, der von Santa Lucia (in 50 Seemeilen Entfernung) aus das Wachstum des Gipfelfelsens beobachtete, nahm die Nadel bis Ende Mai an Höhe zu, dann aber von Zeit zu Zeit ab, ohne daß er feststellen konnte, ob durch Einsturz oder Senkung der Unterlage (des Konus). Letzterer wuchs nach Giraud seit Mitte August augenscheinlich und hatte bis Ende dieses Monates 104 *m* an Höhe gewonnen, senkte sich dann nach dem heftigen Ausbruche des 2. September um 30 *m*, worauf die Höhe abermals zunahm, so daß das Gesamtwachstum des Domes oder Konus von Mitte August bis zum 1. Oktober 127 *m* betrug. Während dieses starken Wachstumes verschwand die Nadel, nachdem sie vom November 1902 bis Juli 1903 wie ein Leuchtturm den Gipfel des Mont Pelé geschmückt hatte. Näheres über die Art und Weise des Unterganges dieser einzigartigen, höchst merkwürdigen Schöpfung ist zurzeit nicht bekannt. Ein neuer Felszahn begann sich am 8. September an einer andern Stelle des Konus zu bilden, brachte es aber nur auf 20 *m* Höhe und ward seit dem 17. September nicht mehr gesehen. Das sind die Tatsachen der Beobachtung, die wegen der Unnahbarkeit des Objektes leider nicht so vollständig erscheinen als wünschenswert ist; vor allem wissen wir nichts Sicheres über die Wachstumsverhältnisse der Nadel in Beziehung zu der Höhenzunahme des Konus, noch auch ob die Nadel zerbrochen oder umgestürzt oder als Ganzes in den Konus zurückgesunken ist. Immerhin sind die Feststellungen, welche die verschiedenen Beobachter machen konnten, genügend, um die Bedeutung des ganzen Vorganges für die theoretischen Gesichtspunkte der Vulkanologie klar erkennbar zu machen. Dies durchgeführt zu haben, ist das Verdienst, welches Dr. Stübel sich in seiner neuen, oben erwähnten Studie erworben hat.

Er weist zunächst darauf hin, daß Hovey das Vorhandensein eines Kraters auf dem Staukegel ausdrücklich in Abrede stellt, obgleich die gewaltigen Dampfexplosionen aus dem Innern seiner Masse hervorbrachen. „Hierin," sagt Stübel, „erkennen wir eine völlige Übereinstimmung mit den Explosionserscheinungen aus der Staumasse des Georg I. auf Santorin im Jahre 1866. Auch hier geschah es, daß die Blockmassen, welche das Gipfelplateau des Georg I. bildeten, sich plötzlich hoben, seitlich auseinanderschoben und nach dem stattgehabten Ausbruche sofort wieder zusammenschlossen, ohne eine kraterartige Vertiefung zurückzulassen. Die geringe Kratereinsenkung, die der Georg I. noch gegenwärtig besitzt, ist erst im spätern Verlaufe der Eruption, wahrscheinlich durch den Erkaltungsvorgang des Berges selbst, ausgeblasen worden, und ähnlich wird es sich vielleicht auch am Mont Pelé zutragen.

So merkwürdig die obeliskartige Gestalt der hier zutage getretenen Staumasse auch ist, so wird gleichwohl das Befremden, das ihr Anblick erweckt, noch übertroffen durch dasjenige, welches uns das Wachstum des ganzen Gebildes aufdrängt. Das allmähliche Emporwachsen des Kegels bis zur Höhe von mehr als 500 *m* über seiner Basis im alten Kraterbecken des Etang Sec scheint sich in der Tat über einen Zeitraum von wenigstens elf Monaten erstreckt zu haben.

Das hervorgehobene langsame Wachstum steht durchaus im Einklange mit der monogenen Wirkungsweise der vulkanischen Kräfte, deren Eigenart es zu sein scheint, ihre Gebilde zwar in einer, aber gewiß häufig sehr lange dauernden Eruptionsperiode hervorzubringen. Wenn schon ein verhältnismäßig kleiner Staukegel der zweiten Eruptionsperiode eines Herdes fast ein Jahr lang unter fortwährender Bewegung im Wachstume begriffen war, um wieviel länger wird die Entstehungszeit eines monogenen Kolosses der ersten Eruptionsperiode eines Herdes zu veranschlagen sein?

Das langsame Wachstum des endogenen Staukegels erklärt sich vielleicht, wenigstens zum Teile, aus der Beschaffenheit des Förderschachtes. Der von der Kratermündung des Mont Pelé bis zur Tiefe seines Herdes hinabreichende Schacht mußte dem Aufsteigen des spezifisch schweren Magmas jedenfalls einen großen Widerstand entgegensetzen, denn man darf sich diesen Schacht doch keineswegs als eine glattwandige Röhre vorstellen, er wird vielmehr bald eng, bald weit, vielfach gekrümmt und verzweigt sein, was um so mehr in Betracht kommt, als seine Länge doch auf eine ganze Zahl von Kilometern veranschlagt werden muß, denn zwei bis drei Kilometer oder mehr liegen allein schon innerhalb des Berges, wenn man dessen submarinen Unterbau mit in Anschlag bringt.

Jedenfalls hat die Bildung des großen endogenen Staukegels mit seinem Gipfelfelsen unwiderleglich bewiesen, daß die plötzlich erwachte Eruptivkraft des Mont Peléherdes nicht nur den Zweck hatte, Gase und Dämpfe abzuführen, sondern in der Tat die Ausstoßung

eines bestimmten Quantums Magma anstrebte, wie sich dies von vornherein erwarten ließ. Ob aber das Quantum, das der Tiefenschacht in sich aufzunehmen vermochte und zur Bildung des Domes notwendig war, demjenigen Magmaüberschusse des lokalisierten Herdes entspricht, der den Ausbruch vom 8. Mai hervorrief, oder ob nicht vielmehr damals ein weit größerer Magmaerguß unterseeisch stattgefunden hat, muß leider unentschieden bleiben. Für das letztere sprechen allerdings sehr gewichtige Anzeichen. Die Bildung des supramarinen Domes wäre also in diesem Falle nur als eine Entlastung des Herdes an zweiter Stelle aufzufassen. Daß Flankenausbrüchen Kraterergießungen nachfolgen oder umgekehrt die Kraterergießungen den Flankenausbrüchen, ist an den Kraterbergen anderer vulkanischer Herde wiederholt vorgekommen. Die Entstehung eines Staukegels aber über oder neben der Kratermündung unter Hervorbringung einer so bizarren Gipfelkrönung wie am Mont Pelé darf als eine Begebenheit angesehen werden, die in der Geschichte der Ausbrüche ein Analogon nicht besitzt.

Die überaus merkwürdige Begebenheit der Felsnadelbildung wird aber erst dadurch besonders bedeutungsvoll, daß sie uns klar vor Augen führt, wie analoge Gebilde größern Maßstabes, nämlich die Gipfelobelisken und Gipfelpyramiden so mancher alten monogenen Vulkanbaue entstehen konnten und höchstwahrscheinlich entstanden sind. Wie große Fragezeichen starrten bis jetzt diese steilwandigen Obelisken und Pyramiden, aufgebaut aus gebankten Laven und Agglomeraten, über den breit angelegten, sanft geneigten, meist radial gegliederten Massiven eines Quilindana, eines Cotacachi, eines Sincholagua, eines Rucu-Pichincha, eines Sajama, eines Casaguala und Quillpicasha usw. in die Lüfte, ohne daß wir eine befriedigende Antwort geben konnten; da erscheint plötzlich in der Bildung der Nadel die Lösung des Rätsels!"

Ein höchst beachtenswertes Seitenstück zu dem langsamen Aufsteigen und Aufwölben des Konus im alten Krater des Mont Pelé bilden die Vorgänge bei Santorin, und zwar sowohl diejenigen im Jahre 1707, als die der Jahre 1866 bis 1868. Im Mai 1707 hob sich aus einer Tiefe von 500 Fuß, von leichten Bodenerschütterungen begleitet, ein Felsen über die Meeresfläche, den man anfangs für ein Schiffswrack hielt, und an den Abhängen desselben hingen Austern. Bis zum Juni stiegen noch weitere Felsen empor, ohne Lavaerguß, doch wurden von der Felsmasse zuletzt Asche und glühende Steine ausgeschleudert. Im Jahre 1866 sah man am 4. Februar im Vulkanohafen an der Ostküste von Neo Kaimeni plötzlich ein Felsenriff, das sichtlich an Größe zunahm, und auf dem Bretter von Booten lagen, die früher an jener Stelle gesunken waren. Dr. Dekigala konnte sich diesen Felsen bis auf zehn Schritte nähern und beobachtete das Wachsen derselben, und zwar so rasch von der Mitte gegen den Umfang in Gestalt einer Halbkugel, daß das Auge nur schwer folgen konnte,

und erkannte, in welcher Weise sich die Blöcke aneinander reihten und das Ganze formierten. Die Gestalt der Insel war aber nicht kreisförmig, sondern mauerartig, und nachts glich sie einem großen brennenden Kohlenhaufen. Die Insel wuchs, indem an der Basis ununterbrochen Steine aus dem kochenden Wasser hervortraten, sehr ruhig, in langsamer, nie heftiger Weise, und ebenso gemäßigt war die brodelnde Bewegung des Meeres. Das Ganze erhielt den Namen Georgios, und dieser hatte am 12. Februar eine erste, heftige Eruption, der später andere folgten. Nach der Berechnung von Jul. Schmidt betrug die tägliche Volumenzunahme des Georgios von 1866 bis Anfang 1868 mindestens 3860000 engl. Kubikfuß. Die Höhe des Kegels war wechselnd und nicht immer zunehmend. Die Beobachtungen von Schmidt ergaben, daß die zentralen Teile des Berges periodisch sehr regelmäßig gehoben wurden. War die hebende Kraft sehr groß, so wurde das Blockterrain ganz hinausgeworfen, war sie mäßig, wurde es nur gehoben und teilweise durchbrochen, worauf es zu dem frühern Niveau zurücksank. Das sind Erscheinungen, wie sie der Konus im alten Krater des Mont Pelé jetzt auch gezeigt hat.

Die Felsnadel des Mont Pelé ist freilich nach kurzem Bestande wieder verschwunden, aber mit Recht sagt Dr. Stübel: „Wenn wie hier bei einer doch verhältnismäßig schwachen Tätigkeit des offenbar schon erschöpften Herdes eine Felsbildung in obeliskartiger Gestalt bis zur Höhe von etwa 300 *m* noch über die eigentliche schon 500 *m* hohe Staumasse emporwachsen konnte, warum sollten da nicht bei ähnlichen, aber hundert- oder tausendfach größern Eruptionsvorgängen — denn um solche hat es sich bei der Bildung der großen monogenen Bergmassive, wie die oben genannten, gehandelt — Gipfelkrönungen hervorgebracht worden sein, deren bizarre Formen sich bis auf den heutigen Tag erhalten haben?"

Man kann diese Frage nur im Stübelschen Sinne beantworten. Aber noch mehr. Man darf mit Bezugnahme auf die oben genannten Gipfelkrönungen und zahlreiche andere behaupten, daß diese Formen bei einer gewissen Konsistenz des Magmas sich viel häufiger bilden, als man bisher wußte. Wie als handgreiflichen Beweis hierfür vernehmen wir durch Dr. Paul Großer die Tatsache, daß fast gleichzeitig mit den Felsbildungen auf dem Gipfel des Mont Pelé an einem antipodisch gelegenen Punkte auf dem Merapi in Java ein ähnlicher vulkanischer Turm sich erhoben hat. Jetzt werden wir auch die von Dana auf Hawaii beobachteten Picks, sowie die turmdachähnliche Kuppe auf der Spitze des Vulkanes von Bourbon unter diese Kategorie von Vulkanbildungen zu rechnen haben, wenn auch vielleicht nur als Übergangsformen. Dr. Stübel führt in seiner Abhandlung eine Reihe südamerikanischer Vulkane durch eigene Zeichnungen und photographische Aufnahmen vor, welche ausgesprochene Gipfelpyramiden besitzen, die in ihrer Tektonik völlig übereinstimmen. Diese Vulkanberge passen aber ihrer äußern Form nach, wie der erste Blick zeigt,

recht wenig in das Schema, in das man die vulkanischen Schöpfungen bisher zu zwängen bestrebt war. „Um der Annahme nicht entsagen zu müssen," sagt Dr. Stübel, „daß diese Art von Bergen ihre Entstehung der allmählichen Aufschichtung in unermeßlich langen Zeiträumen verdankt, hat man sich vorgestellt, daß domförmige Berge, die, anstatt einen zentralen Krater zu besitzen, von einer hohen Felspyramide gekrönt sind, oder auch in ihrem ganzen Baue einer durch und durch festen Felspyramide gleichen, nur als die innern Kerne mächtig großer Kegelberge anzusehen seien, deren Umhüllung aus losem Materiale bestanden und im Laufe der Zeit abgetragen worden sei Die Bankung, die auch diesen Felspyramiden oftmals eigen ist, war maßgebend für die Voraussetzung der sukzessiven Aufschichtung, und in Verbindung mit dem von altersher liebgewonnenen Glauben, daß Vulkane die über die Erdoberfläche verteilten „Sicherheitsventile" für einen unerschöpflichen, in Pausen tätigen Herd wären, schien eine weitere Prüfung des Sachverhaltes völlig überflüssig. Man schwieg am liebsten über Bergformen, die sich nicht leicht in das aufgestellte Schema der sukzessiven eruptiven Schöpfungen einreihen ließen. Die Erklärung, die man sich für die Entstehung der Pyramidenberge zurechtgelegt hat, ist gewissermaßen ein Gegenstück zu der sicherlich nicht weniger unbegründeten Deutung der Calderen als Explosionskratern, die aus Kegelbergen dadurch entstanden seien, daß deren obere Teile nachträglich weggesprengt worden wären. Der Mont Pelé hat aus der Tiefe seines Herdes vernehmlich gesprochen! Der Konus mit seiner Felsnadel fordert von dem Vulkanologen, sich darüber zu entscheiden, ob er die mit dem lokalisierten und erschöpflichen Herde verbundene monogene Natur einer großen Gruppe vulkanischer Schöpfungen, die sich nur als mächtig große Abraumhaufen einer in den meisten Fällen einzigen Tätigkeitsperiode darstellen, als solche anerkennen will, oder ob er es vorzieht, bei der bisherigen Auffassung der „Vulkane" als Vermittler einer unendlichen Reihe von Eruptionen zu verharren.

Die Pyramidenberge bilden eine Gruppe vulkanischer Baue, die, wenn auch an typischen Vertretern vielleicht weniger zahlreich, doch der der Kraterberge als genetisch gleich berechtigt an die Seite gestellt werden muß.

Die Bildung des Kegels und seiner Felsnadel ist also aus einer Äußerungsweise der vulkanischen Tätigkeit hervorgegangen, die unverkennbar die gleiche ist, wie die, welche auch mächtig große Berge hervorzubringen vermochte. Ob ein steilwandiger oder ein flacher Kegelberg entsteht, hängt wesentlich von dem Flüssigkeitszustande des Magmas ab, die Krater-, resp. Calderabildung aber von der Art des Rückzuges, die dem ersten gewaltigen Durchbruche des Magmas nach der Oberfläche folgte."

Indem Stübel die bisher wenig beachtete Klasse von Vulkanbergen mit pyramidenförmig ausgebildetem, meist kraterlosem Baue

der äußerst umfangreichen Klasse der Kraterberge als genetisch gleichwertig an die Seite stellt, spricht er laut aus, daß der Krater genetisch und morphologisch betrachtet eine für die Äußerung eruptiver Tätigkeit völlig unwesentliche Bildung ist.

Er sagt: „Das Vorhandensein eines Kraters an vulkanischen Gebilden der heutigen Erdoberfläche ist für das Auftreten von Ausbruchserscheinungen durchaus keine Vorbedingung. Denn es gibt sehr viele und gerade sehr große Berge eruptiver Entstehung, die keine Krater besitzen, und an solchen, die sie aufzuweisen haben, geschehen die Ausbrüche häufig genug nicht durch die Vermittlung des Kraters, sondern außerhalb, oftmals in weiter Entfernung von diesem; auch haben gewaltige Ausbrüche glutflüssigen Magmas auf nichtvulkanischem, auf granitischem und sedimentärem Boden stattgefunden, ohne daß weite Kraterschlünde gebildet und zurückgeblieben wären.

Der Krater stellt sich bekanntlich dar als eine bald flach kesselförmige, bald mehr trichterförmige Vertiefung von sehr verschiedener Größe und Gestalt im Verhältnisse zu den Dimensionen der bergartigen Aufschichtungsmasse, in die sie eingesenkt ist. Es gibt große Berge mit kleinen Kratern und kleine Berge mit verhältnismäßig sehr großen Kratern.

Das Gestein des Berges, in welchem die Kratereinsenkung liegt, kann sowohl im glutflüssigen oder glutzähen Zustande ergossen und ausgestoßen, als auch im festen, als Sand, als Schlacken und loser Gesteinsschutt ausgeworfen worden sein; es umlagert und verschließt zumeist in geringer Tiefe die Mündung des Schachtes, der ehedem die Verbindung mit dem Herde herstellte, aus dem es selbst hervorgegangen ist. — Zur Entstehung von Kratervertiefungen können verschiedene Umstände mitwirken, aber nur ein Umstand kann bei monogenen Bauen, in denen Berge und Krater in inniger Beziehung stehen, als Grundursache angesehen werden, und dieser ist das plötzliche Zurücksinken eines Teiles der aufgeworfenen Bergmasse, zumeist des zentralen, in die Tiefe des Schachtes, und zwar gerade zu dem Zeitpunkte, in dem der Herd die Förderung seiner Füllmasse nach der Oberfläche einstellt, die erste Ausbruchsperiode eines lokalisierten Herdes ihren Abschluß findet. Die Kratervertiefung, welche Größe und Gestalt sie auch besitzen möge, ist daher niemals das Ergebnis aufbauender Kräfte, sondern stets die Folge von deren Ersterben innerhalb des lokalisierten Herdes und der damit verbundenen Nachsackung des Materiales im obern Teile des Tiefenschachtes. Wir bezeichnen solche Krater als Rückzugskrater, als Calderen.

Da der Rückzug eines Teiles der monogenen Bergmasse aber nicht in jedem Falle einzutreten braucht, sehen wir sehr viele und sehr große Vulkanberge, die überhaupt keine Kratereinsenkung besitzen, wenigstens keine solche, die als das Ergebnis eines Rückzuges in größerm Maßstabe gedeutet werden könnte.

Dagegen gibt es eine zweite Art von Kratereinsenkungen, nämlich solche, die im Verhältnis zur Größe der Bergmasse klein und unwesentlich erscheinen, und von denen an einem Berge zuweilen mehrere auftreten. Sie entstehen dadurch, daß sich Gas- und Dampfexhalationen, sowie kleinere Explosionen, die nicht vom Kraterschachte auszugehen brauchen, sondern lediglich Erkaltungserscheinungen der Bergmasse selbst sind, auf einen oder mehrere Punkte konzentrieren und dadurch kraterartige Vertiefungen im Laufe langer Zeiträume ausblasen. Manche Solfataren sind zu dieser Art von Kratern zu zählen.

Die mannigfaltigste Art von Kratern haben jedoch diejenigen Herde hervorgebracht, die sich nicht mit einem Ausbruche erschöpften, sondern in weit späterer Zeit wieder in Aktion traten und dann den früher gebildeten Krater, wie dies so häufig, vielleicht vorherrschend zu geschehen pflegt, aufs neue zum Schauplatze ihrer Tätigkeit machten. Wenn nun diese zweite Tätigkeitsperiode des gleichen Herdes einen neuen Berg aufwarf, so ereignete sich auch in diesem wieder, am Schlusse der neuen Ausbruchsperiode, der Vorgang des Rückzuges, der gleichfalls die Bildung eines Kraters häufig zur Folge hatte. Es ist dies eine dritte Art von Kratern, die der polygenen Aufschüttungskegel.

Da aber die Berge, welche durch eine solche zweite Eruptionsperiode aufgeworfen werden, an Größe weit hinter denen der ersten Ausbruchsperiode des betreffenden Herdes zurückzustehen pflegen, so sind auch ihre Krater von entsprechend kleinern Abmessungen. In dieser Art von vulkanischen Bildungen treten vorherrschend trichterförmige Kratereinsenkungen auf. Indem nun durch die zweite Tätigkeitsphase, wie dies häufig geschieht, eine bleibende Verbindung mit dem im Absterben begriffenen Herde herbeigeführt, ein sogenannter „tätiger Vulkan“ gebildet wird, so gewinnt man durch die Vermittlung, welche der Krater für die nachfolgenden kleinern und größern Ausbrüche spielt, den Eindruck, daß er das wesentlichste Glied im Mechanismus der eruptiven Tätigkeit sein müsse.“

Neben den großen Rückzugskratern der monogenen Bergmassive, den relativ weniger umfänglichen Kesselkratern sekundärer Herde und den einer häufigen Umgestaltung unterworfenen Trichterkratern der „tätigen Vulkane“ ist eine vierte Art zu erwähnen, nämlich die Explosionskrater. „Wenn schon,“ sagt bezüglich ihrer Stübel, „die Bildung der zuerst erwähnten drei Kraterarten davon überzeugen mußte, daß die ganze vulkanische Tätigkeit, wie sie sich in den Schöpfungen der heutigen Erdoberfläche darbietet, ihren Ursprung nur in peripherischen, in erschöpflichen Herden haben kann, so sind die Explosionskrater doch gerade diejenigen, bei denen dieses Verhalten am schärfsten hervortritt. Und dies kommt daher, daß die Explosionskrater nur in sehr seltenen Fällen wirkliche Lavaergüsse

gehabt haben, daß ein zweiter Ausbruch an der gleichen Stelle, soweit uns bekannt, wohl noch nie beobachtet worden ist, und daß schließlich diese Explosionskrater ihrer Lage nach zumeist an Orten auftreten, wo sich ihre Beziehung zu ältern, größern Eruptionszentren am wenigsten verstehen läßt. Mit einem Worte, alle Wahrnehmungen scheinen sich hier zu vereinigen, um den Eindruck hervorzurufen, daß die Explosionen, welche diese Art von Kratern hervorbrachten, ihren Ursprung in sekundären, besonders engbegrenzten Herden haben, die mit einer solchen Explosion ihre erste und zugleich auch ihre letzte Tätigkeit entfalteten."

Dr. Stübel zögert nicht zu behaupten, daß vielleicht keiner der in historischer Zeit beobachteten Vulkanausbrüche der gesamten Erdoberfläche dem Geologen einen Dienst von größerer Tragweite geleistet hat als der Mont Pelé durch Hervorbringung seines Staukegels in Verbindung mit seinem Gipfelfelsen. Zwar lehre uns dieses Gebilde zunächst nur die Entstehung eines steilen bizarren Felsens, aber wenn wir erwägen, daß damit (auf dem Wege der Induktion) für eine große Klasse von Vulkanbergen eine klare genetische Deutung erschlossen wurde, die man ihr bislang zu geben zögerte, so werde man diesen Ausspruch nicht ungerechtfertigt finden. Dazu komme noch, daß wir den Staukegel auch zur Beantwortung der allgemeinern Frage heranziehen können, ob monogener oder sukzessiver Aufbau der Vulkanberge das maßgebende Moment für das Wirken der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart werden solle, von welcher dann wieder die Entscheidung über die Natur des Herdes abhänge, in dem der Sitz jener Kräfte vermutet werden darf.

Die Methode der streng wissenschaftlichen Erforschung des Vulkanismus sei mit Martinique und St. Vincent in ein neues Stadium getreten; sie sei eine zielbewußtere geworden. Der Geolog frage gegenwärtig an erster Stelle: haben bergartige Neubildungen durch Magmaergüsse stattgefunden, und wenn es geschehen, in welchem Größen- und Volumenverhältnisse stehen diese zu dem Gesamtbaue, den das gleiche Zentrum vorher in einmaliger oder mehrmaliger Tätigkeit hervorgebracht hat. Er verlange, wenn er nicht selbst an Ort und Stelle weilt, die genauen kartographischen und bildlichen Unterlagen, die ihn in den Stand setzen, solches zu beurteilen, um nicht allein aus dem Vergleiche einzelner Vulkanberge, sondern ganzer Vulkangebiete miteinander seine genetischen Schlüsse ziehen zu können. Dies aber sei unerläßlich, wenn wir zu einer befriedigenden und grundlegenden Vulkantheorie gelangen sollen.

Alle bergartigen Vulkanschöpfungen der Erde sprechen laut für die Wirkung einer in sich absterbenden Kraft lokalisierter und erschöpflicher Herde, und die letzten Ausbrüche des Mont Pelé (und der Soufrière von St. Vincent) haben, wie Stübel betont, das ihrige in diesem Sinne beigetragen.

Der Felszacken des Mont Pelé wird von A. Heilprin[1]) als Kern des alten Vulkanes angesprochen. Nach seiner Meinung war er aus der sehr zähen, sauern Lava gebildet, die sofort bei ihrer Ausstoßung erstarrte und unter dem Drucke der vulkanischen Kräfte vertikal in die Höhe getrieben wurde, anstatt wie normale Lavaströme auszufließen. Das ganze Aussehen des Felsobelisken, die deutlich verschiedene Beschaffenheit der zwei entgegengesetzten Flächen, das Fehlen fluidalen Überfließens und die scharfe Demarkationslinie zwischen der Basis des Gebildes und der umgebenden Masse sprechen eher mehr für einen alten, durch die Wärme metamorphosierten Felsen als für neugebildete und schnell erstarrte Lava. Ein solches Heben von Gebirgskernen in der Kraterachse eines Vulkanes ist auch bereits von einigen Geologen behauptet worden, so von Abich im Kaukasus und von Scrope für die Auvergne. Die Tatsache, daß die meisten Vulkane nach wechselnder Tätigkeitsdauer ruhen, und daß einige sich spät wieder öffnen in der Richtung der frühern Eruptionen, läßt nach Heilprin vermuten, daß von Zeit zu Zeit diese Pfropfen und Kerne aus der Kraleröffnung an die Oberfläche emporgehoben werden und solche Türme bilden, wie sie der Pelévulkan gezeigt hat.

Die Hauptgruppe der Vulkanberge Ecuadors. Dr. A. Stübel hat eine Karte dieser Vulkane mit Begleitwort veröffentlicht, worin er zeigt, daß dieselbe ein äußerst instruktives Beispiel darbietet für die Äußerung regulärer Kraft in räumlich kleinen Abständen, für die deutlichen Anzeichen ihrer Abschwächung und ihres Ersterbens innerhalb begrenzter Zeiträume. Die Karte, im Maßstabe von 1 : 200 000, umfaßt die Vulkanberge Antisana, Chacana, Sincholagua, Quilindana, Cotopaxi, Ruminahui und Pasochoa. Diese sieben gewaltigen Vulkanberge erheben sich auf einer Fläche von nicht mehr als 3000 *qkm* Größe, die also noch nicht zehnmal so groß ist als der Flächenraum, den die Stadt London bedeckt. Und doch überragt der Gipfel des Cotopaxi um 1100 *m* die Höhe des Montblanc, und auch der Sincholagua würde noch über diesen hinausschauen, während Ruminahui und Pasochoa ihm an Höhe fast gleichkommen. Solche Vulkanberge stehen also auf verhältnismäßig kleiner Fläche zusammen. „Müßte hier nicht," sagt Dr. Stübel mit Recht, „wenn die glutflüssigen Massen aus einer wirklich beträchtlichen Tiefe emporzudringen gehabt hätten, schon ein Förderschacht genügt haben? Lehrt uns doch der Mond, daß auf seiner Oberfläche Kraterbildungen möglich waren, deren Abmessungen die obige Zahl um ein Mehrfaches übertreffen. Der Kraterzirkus des Kopernikus umfaßt, um nur ein Beispiel anzuführen, gegen 6000 *qkm*, und dabei liegt seine innere Kraterebene an 3000 *m* tiefer als das äußere Gelände seines Ringwalles. Schon die zumeist vollendete Kreisform solcher Kraterbildungen

[1]) Science 1904. N. S. **19**. p. 800.

auf dem Monde sagt uns unwiderleglich, daß eine jede von ihnen, die umfänglichsten nicht ausgenommen, in ihrer radial größten Abmessung doch nur das Werk eines einzigen Ausbruches sein kann. Wie verschwindend klein sind aber die Gebilde des terrestrischen Vulkanismus, die auf die Gegenwart gekommen sind, einem Kopernikus gegenüber!

Ein so dichtes Beisammenliegen der Ausbruchszentren, wie es die Karte für diese sieben Berge vergegenwärtigt, und von denen ein jedes die schon recht beträchtliche Masse seiner Eruptionsprodukte zu einem 1500 bis 3000 *m* hohen Berge aufzustauen und aufzuschichten vermochte, läßt uns vor allem fragen, ob diese so dicht benachbarten Ausbruchszentren ihre Tätigkeit gleichzeitig begonnen haben, oder ob sie der Reihe nach in Aktion getreten sind.

Um die Lösung dieser Frage anzubahnen, müssen wir für jeden der Berge aus seinen tektonischen und morphologischen Verhältnissen zunächst festzustellen suchen, ob er das Produkt einer einmaligen Tätigkeitsperiode seines Ausbruchszentrums darstellt, oder ob angenommen werden muß, daß er durch eine ganze Reihe von Ausbrüchen, die durch lange Pausen der Ruhe voneinander getrennt waren, aufgeschichtet worden ist.

Würden wir durch das Studium des innern und äußern Baues dieser Berge zur letztern Annahme geführt, so kämen wir zu der Schlußfolgerung, daß es sich bei ihrer Bildung nur um ein Wechselspiel fortdauernder Tätigkeit handelte, in welchem sich die sieben Ausbruchszentren ergingen und untereinander ablösten; die Frage nach einer gleichzeitigen oder ungleichzeitigen Aufschichtung der Bergmassen würde dann zu einer nebensächlichen, genetisch weniger bedeutungsvollen herabsinken."

Dr. Stübel hat aber in seinem Werke über die Vulkanberge Ecuadors in ausführlichster Weise dargelegt, daß jeder der sieben Berge seiner Hauptmasse nach das Produkt einer einzigen Ausbruchsperiode ist, in der sich der dem Epizentrum zugehörige Herd mehr oder weniger erschöpfte. Solche Vulkanberge nennt Stübel monogene. Die Bezeichnung monogen schließt nicht nur die Entstehung eines Berges in einer einzigen Ausbruchsperiode in sich, sondern setzt auch voraus, daß sich der Herd, aus dem die Masse des Berges hervorging, durch deren Förderung nach der Oberfläche zum größten Teile erschöpfte. Der Begriff des monogenen Vulkanberges ist daher keineswegs identisch mit dem der Quellkuppe oder dem des homogenen Vulkanes. Der monogene Vulkanberg kann sich ebensogut aus geflossenem als aus totem Materiale oder auch aus beiden zugleich aufbauen, sein Herd würde aber nach Stübel einen zweiten Berg gleicher Größe nicht hervorbringen können.

Von den oben genannten sieben Bergen haben nach Dr. Stübel nur drei, nämlich der Antisana, der Chacana und der Cotopaxi Hinzufügungen durch erneute Tätigkeit ihrer Zentren in späterer Zeit er-

halten; ohne jeden Zuwachs sind die übrigen vier Berge, Quilindana, Sincholagua, Ruminahui und Pasochoa geblieben. Es ist nun von Wichtigkeit zu untersuchen, wann und wie dieser Zuwachs der drei genannten Berge aus der Tiefe erfolgt ist, ob einmalig oder in getrennten Zeiträumen, ob bald nach der Entstehung des Hauptberges in grauer Vorzeit oder in einer der Gegenwart schon nahe liegenden Periode.

„Für Antisana, Chacana und Cotopaxi," fährt Dr. Stübel fort, „ist mit größter Bestimmtheit nachzuweisen, daß zwischen der ersten und der erneuten Tätigkeit aus der Tiefe, welche den Zuwachs lieferte, eine — selbst im geologischen Sinne gesprochen — überaus lange Pause verstrichen sein muß, und diesen für alle drei Berge übereinstimmenden Umstand betrachten wir als das wesentlichste Moment, das über das Verhalten der Eruptionszentren und ihrer Herde Aufschluß zu geben vermag, nachdem wir uns bereits vergegenwärtigten, daß auf der verhältnismäßig kleinen Fläche von 3000 *qkm* sieben Vulkanberge zusammengedrängt sind, und von diesen vier überhaupt eine Tätigkeit später nicht mehr entfaltet haben.

Es ist leicht einzusehen, daß Berge, wenn sie als mächtig große Abraumhaufen durch eine beträchtliche Zahl von Einzelausbrüchen aufgeschichtet worden wären, alle nach einem Schema als steile Kegelberge aufgebaut sein müßten. Dies ist aber hier nicht der Fall. Trotz der bankartigen Ablagerung ihrer Gesteinsmassen trägt jeder der sieben Berge die Eigenartigkeit seiner Entstehung an sich.

An den ältern der vulkanischen Schöpfungen überwiegt im allgemeinen die horizontale Ausdehnung die vertikale Erhebung. Nicht nur in Ecuador, sondern auch in andern Vulkangebieten gibt es eine große Zahl von Eruptionszentren, deren bergartige Baue ihre einheitliche Entstehung auf den ersten Blick erkennen lassen, und dieser Eindruck der tektonischen Einheitlichkeit ist es häufig gewesen, der solche Berge ganz unbedenklich als „erloschene Vulkane" bezeichnen ließ. Andere derselben Art haben erst in einer relativ sehr neuen Zeit einen weitern Zuwachs aus der Tiefe erhalten. Diese letztern stimmen unter sich darin überein, daß sich der spätere Zuwachs nicht als organisches Glied in den alten Bau einfügt, zumeist nicht einmal an der zentralen Ausbruchsstelle ergossen wurde, sondern ganz unvermittelt an irgend einem Punkte des einheitlichen Urbaues hervorgetreten ist, und zugleich quantitativ dem Urbaue gegenüber verschwindend klein erscheint. Aus diesem Gegensatze zwischen dem großen, in sich abgeschlossenen Urbaue eines jeden solcher Berge und dem quantitativ geringen Zuwachse, den einige von ihnen in neuer, zum Teil noch in geschichtlicher Zeit erhalten haben, dürfen wir gewiß mit vollem Rechte auf Lokalisierung und Erschöpflichkeit der Herde schließen, aus denen alle diese Baue hervorgegangen sind. Neue Ergießungen so geringer Magmamassen an beliebigen Punkten eines einheitlich aufgebauten Berges ältester Vorzeit würden mit so genauer



Abb. 1.

Chimborazo (Ecuador). Die Westkordilleren krönend über den Wolken der interandinen Talmulde von der Ost-Kordillere aus.

Vom Wege zum Cerro Altar am Monte de la Laguna aus. Unten vorn eine Terrasse des Collanestales bei der Laguna von Releche. (6. VI. 1902.)



Abb. 2.

Der Sincholagua (Ecuador) von NNO (vom Hato Antisanilla) aus.

Ein breitgewölbter Unterbau mit steil aufgesetzter Kuppe. Im Vordergrunde der Hato von Antisanilla und das abgebrochene Zeltlager.

Photographische Aufnahmen von Dr. P. Großer.

Übereinstimmung in den verschiedenen Vulkangegenden nicht denkbar sein, wenn es sich dabei um die Reaktionen eines unerschöpflichen Zentralherdes handelte.

Daraus ergibt sich, daß alle diese Berge, sowohl jene, deren Herde sich mit dem ersten Ausbruche völlig erschöpften, als auch die, welche Ergußmassen nachträglich ausstießen, in ihrem Verhalten mit der Bedeutung „Vulkan" im hergebrachten Sinne nicht übereinstimmen."

Von den sieben Bergen entspricht nur der Cotopaxi in seiner heutigen Beschaffenheit der für polygene Vulkane typischen Kegelgestalt. Der Antisana, Ruminahui, Pasochoa und (weniger typisch) der Chacana gehören in die Klasse der Calderaberge, Sincholagua und Quilindana sind Strebepfeilerbaue mit Gipfelpyramiden.

Ein typisches Beispiel der Calderaberge, d. h. solche Vulkane, bei welchen nach Stübel der früheste Eruptionsschlund in Gestalt eines großen, an einer Seite offenen Zirkus noch erhalten ist, bildet der Antisana. Bei ihm ist der alte Kessel mit Gletschern erfüllt, und man hätte annehmen sollen, daß die neuern Ausbrüche innerhalb dieses Kessels vor sich gegangen wären. Dies ist jedoch nicht geschehen. Der Antisanaherd hat vier relativ kleine Lavaströme ergossen, und diese sind ohne jede Kraterbildung an den äußern Abhängen der Calderaumwallung hervorgebrochen, ohne daß sich dabei Eruptionskessel gebildet hätten. „Es war dies eine schnell vorübergehende Tätigkeit, und alle vier Ströme gehören unverkennbar einer und derselben Tätigkeitsperiode des Herdes an, auch wenn sie nicht gleichzeitig, nicht einmal im gleichen Jahrhunderte oder gleichen Jahrtausende ergossen sein sollten." So unermeßlich groß, betont Dr. Stübel mit Nachdruck, muß der Zeitraum veranschlagt werden, der beide Ausbruchsperioden der Herde, die erste und die, welche ihr zunächst folgte, voneinander trennt.

„Dem Antisana entstammen also mehrere Ausbrüche, aber die Art seiner Tätigkeit ist der des „tätigen Vulkanes" nicht an die Seite zu stellen. Man gewinnt aus ihr vielmehr den Eindruck, daß es die letzten Reste eines beinahe erschöpften Herdes gewesen sein müssen, die hier zur Abführung gelangten. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den großen historischen Lavaströmen des Chacanamassives. Der Austrittsort des ersten, des Antisanillastromes, dürfte mit dem Haupteruptionszentrum des Chacanabaues nahezu zusammenfallen; er könnte fast als ein Calderaausbruch bezeichnet werden. Als charakteristisch sei hervorgehoben, daß auch hier kein Aufschüttungskegel gebildet wurde. — Der Austrittspunkt des zweiten Stromes, des von Potrerillos, liegt vom mutmaßlichen Eruptionszentrum des Chacana, vom Ursprungsorte des Antisanillastromes, rund 13 *km* entfernt. Auch hier ist es nicht zur Bildung eines Aufschüttungskegels gekommen. Beide Lavaströme sind als gleichaltrig zu betrachten und datieren, wenigstens der erste bestimmt nachweislich, aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. — Ein dritter, aber kurzer und unbedeutender

Lavastrom, der von Cuscungo, brach am Südwestfuße der Tablarumifelsen, in der Nähe des Chacanagipfelberges hervor und verhielt sich den zwei großen Strömen insofern analog, als auch bei ihm weder eine Kraterbildung, noch die Aufschüttung eines Eruptionskegels zu bemerken ist. Was die Gesamtheit der vulkanischen Erscheinungen auf der Erde lehrt: die Abführung glutflüssiger Materie als Endzweck aller eruptiven Tätigkeit, wird also auch durch die Lavaergüsse des Antisana und Chacana, und zwar hier ganz im Kleinen, augenfällig bestätigt."

Auch der Cotopaxi hat eine große Pause der erstmaligen Erschöpfung gehabt. „Wenn man," sagt Stübel, „den stolzen Kegel vor sich sieht, könnte man glauben, daß er seine Tätigkeit in fernster Urzeit begonnen und bis auf den heutigen Tag periodisch fortgesetzt habe. Hierin aber würde ein großer Fehlschluß liegen; wir würden übersehen, daß der heutige Cotopaxikegel auf einem uralten Unterbaue fußt, und daß dieser unverkennbar bereits zerstört gewesen ist, bevor die Bildung dieses neuen Kegels ihren Anfang nahm, mit andern Worten, bevor die zweite Ausbruchsperiode des Herdes begann, die noch gegenwärtig fortbesteht und wahrscheinlich fortbestehen wird, bis der Herd erstorben ist."

So ergibt sich denn, daß von den sieben in Rede stehenden Vulkanbergen keiner sich mit der frühern Anschauung über das Wesen des irdischen Vulkanismus in der Gegenwart in Einklang bringen läßt. „Wenn nun auch", fährt Dr. Stübel fort, „für die Bildung dieser sieben dicht benachbarten Berge lokalisierte und erschöpfliche Herde vorausgesetzt werden müssen, so soll damit doch keineswegs gesagt sein, daß jeder derselben seinen eigenen, scharf umgrenzten Herd gehabt habe. Möglicherweise stehen mehrere der Berge über dem gleichen Herde, den man sich in der Tiefe als verzweigt vorstellen kann, oder doch über Kammern desselben, die untereinander schon damals nicht mehr kommunizierten, als das Hervorbrechen des glutflüssigen Magmas an der einen oder andern Stelle eintrat. Aus dem dichten Beisammenliegen der Vulkanzentren ergibt sich jedenfalls die sehr merkwürdige Wahrnehmung, daß ein Verbindungsschacht, den sich das glutflüssige Magma nach der Erdoberfläche bahnt, die Füllmasse des Herdinnern immer nur in einem relativ kleinen Bereiche zu entlasten vermag, und daß es solchen benachbarten Füllmassen weniger leicht wird, eine Verbindung seitlich miteinander herzustellen, als in vertikaler Richtung nach der Erdoberfläche hin sich einen neuen Schacht zu schaffen.

In ihrem innern tektonischen Baue, speziell auch in dem Überwiegen geflossener Massen gegenüber dem im festen Zustande aufgeworfenen Material, stimmen sechs von den Bergen so vollkommen überein, daß, wenn man den einen als monogen betrachtet, man auch den übrigen die monogene Natur zugestehen muß. Dazu kommt, daß diese sechs Berge unverkennbar auch den äußern zerstörenden Ein-

flüssen in gleichem Maße unterworfen gewesen sind, was trotz der Verschiedenartigkeit ihrer ursprünglichen Formen noch deutlich durchfühlbar geblieben ist. Aus dem letztern Umstande möchten wir schließen, daß, wenn sie auch aus verschiedenen Tätigkeitsperioden eines und desselben ausgedehnten Herdes stammen sollten, diese Perioden doch zeitlich so nahe beisammen gelegen haben, daß ihre Intervalle als verschwindend klein betrachtet werden müssen gegenüber der Länge der Zeitraumes, der seit der Bildung des jüngsten der sieben monogenen Berge vergangen ist."

Von den sieben Bergen haben nur drei, Cotopaxi, Antisana und Chacana, in einer der Gegenwart nahe liegenden Zeit jüngere Auswurfsmassen geliefert, die aber sicher wenigstens beim Antisana und Chacana durch eine unermeßlich lange Zeitperiode von der ersten Tätigkeit der Herde geschieden sind, weil die zweite Tätigkeitsperiode erst einsetzte, als die Gebilde ihrer ersten zum großen Teile schon wieder durch die Atmosphärilien zerstört waren. „Fassen wir," sagt Dr. Stübel, „die quantitative Geringfügigkeit der jüngern Ergußmassen, die getrennte Lage ihrer Ausbruchspunkte und den enormen zeitlichen Abstand des Beginnes der zweiten Ausbruchsperiode gegenüber den Schöpfungen der ersten zusammen, so müssen wir sagen, der Antisana und der Chacana sind tätige Vulkane im Sinne der alten Schule niemals gewesen, und der Cotopaxi ist es nur scheinbar; scheinbar deshalb, weil er zweifellos erst infolge eines zweiten Herdausbruches zum tätigen Vulkane geworden ist, durch den auch sein mächtiger Kegelberg im wesentlichen die Größe und Gestalt auf einmal erhielt, die er noch gegenwärtig besitzt. Dem Geologen kann die Wahrnehmung nicht entgehen, daß sich die Lavaströme aller spätern Eruptionen des Cotopaxiherdes zu dem in seiner Art gleichfalls monogenen Kernbaue des heutigen Kegels tektonisch genau so verhalten, wie die kleinen rezenten Antisana- und Chacanalavaströme zu den urzeitlichen Bergbildungen, an denen sie auftreten, wenn auch mit dem Unterschiede, daß die glutflüssigen Restbestände des Cotopaxiherdes weit größere geblieben sind als jene waren, und nun in einem leicht gangbaren Kraterschachte aufsteigen und zeitweilig über dessen Rand abfließen. Der Cotopaxi scheint in der Tat nur Kratergießungen, keine Flankenausbrüche gehabt zu haben. Die jüngern Lavamassen, die unterhalb der Schneebedeckung des Cotopaxikegels fast rings um diesen hervortreten und stromförmige Ausdehnung zeigen, wurden, wie dies auch noch bei dem Ausbruche vom Jahre 1877 zu beobachten gewesen ist, über den Kraterrand ergossen. Die Steilheit der Hänge im obern Teile der Berges gestattet dem glutflüssigen Magma jedoch nicht, in geschlossenen Strömen abzufließen; es wälzt sich vielmehr in abgerissenen Partien über den Hang und häuft sich erst in dessen untern, weniger geneigten Teilen zu Sammelmassen an. Aus diesen gehen dann die Ströme hervor, die nun ganz den Eindruck von Flankenausbrüchen machen."

„Die drei Berge Antisana, Chacana und Cotopaxi sind nichts anderes als mächtige Abraumhaufen, deren Material aus Herden stammt, die sich mit dem ersten Ausbruche nicht erschöpften, sondern nach einer Pause von ungeheurer Dauer wieder in Tätigkeit treten mußten, während beim Sincholagua, Quilindana, Ruminahui und Pasochoa die Erschöpfung der Herde schon mit dem Abschlusse ihres monogenen Aufbaues eine vollständige war. Wenn sich aber die zweite Ausbruchsperiode eines vordem mächtigen Herdes durch so geringfügige Ergußmassen charakterisiert, wie dies so augenfällig am Antisana und Chacana geschieht, so darf man mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen, daß ein wirklich gewaltiger Ausbruch dieses Zentrums nie mehr eintreten wird, daß dasselbe vielmehr gänzlich erstorben ist. Es liegt hier einer der seltenen Fälle vor, in denen eine Prognose wissenschaftlich zulässig erscheint, denn sie gründet sich auf die Auffassung der vulkanischen Erscheinungen ihrem innern Zusammenhange nach; sie wäre aber nicht zulässig bezüglich eines Cotopaxi, eines Vesuvs, eines Ätna, eines Stromboli, eines Mont Pelé u. a. m., deren Tätigkeit lediglich als die Fortsetzung der durch eine gewaltige Neubildung eingeleiteten zweiten Eruptionsperiode ihrer zwar erschöpflichen, aber noch nicht völlig erschöpften Herde angesehen werden muß.

Die Eigenartigkeit des Cotopaxiherdes liegt also darin, daß er im strengen Gegensatze zum Antisana- und Chacanaherde durch einen ausnahmsweise großen Restbestand an aktionsfähigem Magma zur Bildung eines zweiten monogenen Berges von bedeutenden Dimensionen befähigt war und in einer von diesem vermittelten und noch fortdauernden Tätigkeit geblieben ist.“

Das Ergebnis seiner Studien faßt Dr. Stübel schließlich in folgender Darlegung zusammen:

„Die hier kurz besprochenen Tatsachen lassen es als überaus zweifelhaft erscheinen, daß es „Vulkane“ im Sinne der ältern Auffassung, welche ihnen eine das tiefe Erdinnere periodisch entlastende Rolle beimißt, überhaupt gibt oder in der Zeit noch gegeben hat, welche für den Ausbau der heutigen Erdoberfläche durch das Wirken eruptiver Kräfte in Betracht kommt. Wer an dem Worte „Vulkan“ für die durch eruptive Tätigkeit aufgebauten Berge festhalten will, muß jedenfalls einen andern Begriff damit verbinden als jenen, an dem man bisher mit Vorliebe festgehalten hat; er darf nicht vergessen, daß der Zweck der Eruption allem Anscheine nach lediglich die Ausstoßung glutflüssigen Magmas ist, und dessen plateauartige Ausbreitung die normale Ablagerungsform darstellt, die bergartige Aufschichtung der Eruptivprodukte dagegen erst dann eintritt, wenn sich ein Herd seiner Erschöpfung nähert und diese, durch äußere Umstände bedingt, allmählich, das heißt mit vereinzelten Ausbruchserscheinungen, vor sich geht. Der monogene Aufbau der Vulkanberge und die bei so vielen derselben nachzuweisende lange Pause

nach erstmaliger Erschöpfung ihrer Herde sind zwei Faktoren, mit denen wir bei der Aufstellung einer Vulkantheorie in erster Linie zu rechnen haben. Die idealste Verkörperung dieser beiden Faktoren erblicken wir in dem auf der Erde allerwärst auftretenden Somma-Vesuvtypus der eruptiven Schöpfungen, und die Besiegelung des lokalisierten und erschöpflichen Herdes in der tausendfachen Wiederkehr dieses Typus auch auf dem Monde."

Die Vulkanberge der ecuatorianischen Anden hat Dr. P. Grosser untersucht und über seine Forschungen einen vorläufigen Bericht gegeben. [1])

In der interandinen Talmulde, sagt Dr. P. Großer, der lang gestreckten Wannenreihe zwischen der westlichen und der östlichen Kordillere haben sich Flüsse tief eingegraben und legen prächtige Profile frei, welche 700 und 800 *m* hinab in den Schichtenbau einzudringen erlauben, ja mit den Bergen, welche sich an den Ufern unmittelbar über die Talmulde erheben, eine Vertikaldistanz von der doppelten Größe dem Auge aufschließen. In enormer Mächtigkeit zeigen sich die hier Cangahua genannten Vulkanprodukte: ein Wechsel von Tuffen, Geröllen und Schuttmassen. In überwältigender Großartigkeit eröffnet sich auf dem Wege zur nördlichen Provinz Imbabura das Guaillabambatal dem Blicke des Reisenden, sei es, daß er die Verbindung über Alchipichi oder die über Guaillabamba wählt. Auf jener sieht man sich in ein Hochgebirgstal versetzt, auf dieser gewahrt man den Fluß in eine Ebene eingesägt, genau wie der Rhein in das Abrasionsplateau des Schiefergebirges eingeschnitten ist. Im schroffsten Gegensatze zu dem einfachen Taleinschnitte oberhalb Guaillabambas steht die reiche Gliederung im Kessel von Guaillabamba selbst, wo kegel- und rückenförmige Erosionsreste wie Zeugen aus der breiten Talsohle hervorragen.

Der höchste Berg der Provinz Imbabura ist der Cotacachi (4966 *m*). Zahlreiche, zum Teile auch in gewaltige Höhen ragende andere Vulkanberge sind ihm benachbart; greifen wir den Imbabura (4582 *m*) heraus; beide haben eine sehr ähnliche, interessante Gliederung. Auf einem aus soliden Laven bestehenden Unterbaue erhebt sich, topographisch deutlich davon getrennt, ein kleinerer Agglomeratgipfel. Er besteht aus einem eigentümlichen, wirr durcheinander liegenden Blockwerke fest miteinander verbundener großer Felsen und kleiner Brocken. Sie sind von schlackiger Beschaffenheit, im Aussehen weder verschieden von ausgeworfenen Rapillen, noch vom Oberflächenschutt von Lavaströmen. Der schwierigen Entscheidung der Art ihrer Entstehung kommen Stellen am Imsabura zu Hilfe, wo sich flatenartig ausgebreitete, scheibenförmig flache, geflossen aussehende, dünne Fragmente am Aufbaue beteiligen. Sie sprechen gegen Auswurfsmassen, eine Auffassung, welche durch den völligen Mangel feiner Asche einige Unterstützung erhält. Man muß sie vielmehr als Lavaagglomerate ansehen. Eine deutliche Schichtung, die auch an andern Bergen, namentlich am Cerro Puntas, nicht ganz so augenfällig am Ruminahui auftritt, verrät dabei einen Aufbau durch Übereinanderlagern. Es drängt sich daher von selbst die Annahme auf, daß aus einem zentralen Krater das Material in halb zähem, halb flüssigem Zustande übersprudelte, überschäumte und in einzelne Fragmente aufgelöst übereinander schichtete. Was die so gebauten Bergkegel aber weiter höchst interessant macht, ist die Eigentümlichkeit, daß sie voller Absonderungsklüfte stecken, welche unbekümmert um die Schichtung von oben bis unten durchgehen. Das findet man bei Vulkanprodukten nur an solchen, die eine einheitliche Abkühlungsphase durchmachten. Es wäre deshalb

[1]) Gaea 1904. p. 641.

gezwungen, an den betrachteten Bergen in den durchgehenden Absonderungsflächen etwas anderes sehen zu wollen als den Beweis einer einheitlichen Abkühlung, also auch der vorhergegangenen einheitlichen Aufschichtung des Berges, d h. den monogenen Bau. Die Agglomeratvulkane Ecuadors zeigen also, daß es auch recht umfangreiche Vulkankegel gibt (Puntas, Ruminahui, Pasochoa, Altar), deren Hauptgebäude eine ebenso monogene Entstehung besitzen wie der kleine Monte Nuovo in den phlegräischen Feldern und andere historische Bildungen. Daran ändert die Tatsache nichts, daß manche Agglomeratkegel nur einen untergeordneten Teil eines Vulkanes formen und noch keine Deutungen auf die Entstehungsweise des Ganzen erlauben, wie am Cotacachi und Imbabura, die den Beginn dieser ganzen Betrachtung bildeten, und ebenso wenig im entgegengesetzten Sinne das Vorkommen von Lavaströmen an fast vollkommenen Agglomeratbergen, die an den Flanken ausgebrochen und ihrerseits von ganz untergeordneter Bedeutung sind, z. B. am Ruminahui.

Groß ist die Anzahl der Calderaberge. Unter ihnen hat wieder der schon genannte Imbabura keine geringe Bedeutung, und diese besteht darin, daß er sowohl einen zentralen Krater (von kleinen Dimensionen) als auch getrennt davon eine großartige Caldera besitzt. Einen Weg, wie derartiges entstehen kann, zeigte der Ausbruch des Bandai-san in Japan (15. Juli 1888), wo aus der Kegelflanke unabhängig vom vorhandenen Kraterreste durch eine Explosion eine Caldera ausgesprengt wurde. Ob für den Imbabura ein Analogieschluß angebracht ist, sei unentschieden. Übrigens bewirken Explosionen nicht nur Calderen, sondern auch ganz kraterähnliche, rundum geschlossene Kessel, wie der Tarawera in Neuseeland bewies, der bei einem einzigen Ausbruche am 10. Juni 1886 in typischer Vollendung beides erzeugte. Unter Krater kurzweg soll aber bei der vorliegenden Betrachtung nur die zentrale Gipfelöffnung verstanden werden, welche die ursprüngliche Verbindung mit dem Herde darstellt. — Auch den Cusin-urcu südlich vom Imbabura charakterisiert neben einem kleinen zentralen Krater eine gewaltige Caldera. Trümmer, die eine Explosion notwendig hervorbringt, scheinen völlig zu fehlen. Diesen vielen Calderabergen eigenen Mangel teilen die großen Ringwälle der hawaiischen Vulkane, und hier ist es der Kilauea, welcher in unübertrefflicher Deutlichkeit mit treppenförmig angeordneten, wenn ich nicht irre, von Dutton zuerst richtig gedeuteten Bruchlinien Aufschluß darüber verschafft, daß Calderen auch durch Einsturz entstehen können. Wenn sie hier auch in gewisser Verbindung mit dem Krater auftreten, so lassen sie sich auch getrennt davon vorstellen. Eine ganz besonders eigentümliche Calderaform besitzt der Haleakala auf der Hawaiiinsel Maui, wo auch Schuttmassen gänzlich fehlen. Der Gipfel hat eine tiefe steilwandige Einsenkung in der Form eines Z mit zwei parallelen, nach entgegengesetzten Richtungen geöffneten Calderen. Während die Einsturzhypothese eine zeitliche Unabhängigkeit des Einbruches vom Aufbaue des Vulkanes einschließt, sucht Stübel beides in Beziehung zu setzen. Er stellt sich die Calderaberge als durch einen einheitlichen Akt aufgeworfen, ihrem ganzen Umfange nach also auf einmal (cum grano salis) entstanden vor und erklärt die Caldera durch Zurücksinken des Magmas nach beendigter Eruption. Nach dieser Erklärung wäre Krater und Caldera nur dem Grade nach verschieden, und ihre Berechtigung für manche Fälle ist nicht zu bezweifeln. Der Ghaie bei Matupi z. B. ‚ein kleiner zur Gruppe der Mutter und Töchter' gehöriger Berg im Bismarckarchipel, besitzt einen rezenten monogenen Lavakegel, dessen schüsselförmiger, weiter Krater nicht allein keine andere Erklärung als durch Zurücksinken des Magmas zuläßt, sondern auch durch die Andeutung einer Terrasse anzeigt, daß die Sackung in geringem Maße noch fortschritt, als die Erstarrung an der Oberfläche schon ein gewisses Maß erreicht hatte. Diese Deutung dürfte aber schwerlich für solche Berge anwendbar sein, welche wie jener, von dem diese ganze Betrachtung ausging, der Imbabura, neben einem unscheinbaren Gipfelkrater eine ungeheuere seitliche Caldera besitzen. Eine

vor einigen Jahren veröffentlichte Theorie von Dlabac, die den Wasserdämpfen eine große Rolle bei dem Baue der Erdkruste überhaupt zuweist und dieselben, von neuen Gesichtspunkten ausgehend, auch mit den Vulkanen in Beziehung setzt, stellt übrigens ebenfalls die Caldera in genetische Abhängigkeit vom Aufbaue des Vulkanes und fordert die Sackungen als notwendige Folge.

Der gewaltigste Vulkanberg im Norden Ecuadors ist der Cayambe. Er scheint ausschließlich aus geflossenen Laven aufgebaut zu sein und teilt mit manchen analogen Andesit- und Trachytbauten (auffallend am Chimborazo und Guamani in Ecuador und am Ixtac-cihuatl in Mexiko) eine lang gedehnte Gestalt und den Mangel eines Kraters.

Im schroffsten Gegensatze dazu steht der Pululagua, den wesentlich Auswurfsmassen und nur ganz untergeordnet Laven zusammensetzen. Er ist ganz analog dem Shirane-san bei Chuzenji in Japan gebaut. Die steilen Wände einer weiten Caldera, deren Zinnen einen Kreis von 6 *km* Durchmesser einschlössen, wäre nicht nach W eine breite Öffnung, erheben sich bis zu 800 *m* über den ebenen Kesselboden. Aus diesem ragt fast 700 *m* der Pondona, ein nur aus Laven ohne irgend wahrnehmbare Schichtung aufgebauter Zentralkegel, empor. Er verdankt gewiß seine Gestaltung gleich dem Georg auf Santorin, der 1866 127 *m* über das Meer wuchs, einem einzigen Ausbruche. In lehrreichster Weise läßt seine Form, die eine allmähliche Teilung des Grundbaues in zwei schwach individualisierte Gipfel und einen kleinen sommaartigen Wulst zum Ausdrucke bringt, erkennen, wie das Emporquellen des flüssigen Magmas nicht gleichmäßig geschah, sondern durch Zurücksinken und Sackungen unterbrochen wurde. Im letzten Jahre entstanden an zwei entfernten und antipodisch zueinander liegenden Punkten der Erdoberfläche ähnliche Lavakegel, der eine auf dem beinahe 3000 *m* hohen Merapi in Java, der andere auf dem Pelé. Der letztere türmte sich zu einer ganz eigenartigen, von einer Felsnadel gekrönten Form auf. Während früher, bis zur Bildung des Georg auf Santorin und des neuen Berges im Atrio am Vesuv (1895) fast nie die Entstehung von Staukegeln beobachtet werden konnte, sind sie jetzt keine ungewöhnliche Ausbruchsform und geeignet, mancherlei im Vulkanismus in ein neues, klareres Licht zu setzen.

Sie erklären auch die Berge, wo im Scheitel einer flachen Wölbung wie ein besonders aufgetragener Buckel eine steile Kuppe aufgesetzt ist. Hier quoll, nachdem der große Bau im allgemeinen schon beendet war, nochmals ein Magma im Kraterschachte empor, das von dem ehemals geförderten sich durch viel größere Zähigkeit stark unterschied. Es konnte sich den alten Formen nicht mehr anschmiegen, erhob sich vielmehr zu einer steilen Kuppe und schloß wie ein Pfropfen für immer die Krateröffnung. Mit seiner Eruption verlor der Berg die Fähigkeit, aus dem zentralen Schachte sich mehr zu erhöhen, und in völlig andern Formen äußert sich von nun ab der Vulkanismus. Derartige ausschließlich aus Laven aufgebaute Vulkanberge mit besonderer Gipfelpyramide, welche diese Deutung fordern, sind nicht selten. Besonders schöne Beispiele liefert Ecuador im Sincholagua und Corazon. Verwischt durch die Zerstörungen, denen der Vulkanberg in besonders hohem Grade ausgesetzt ist, zeigt es weniger deutlich der übrigens nicht ausschließlich aus Laven zusammengesetzte Quilindana. Ein sehr berühmter Vertreter des Typus ist der Pico de Teyde auf Teneriffa mit dem Piton oder Pan de Azucar.

Neben kuppenförmig aufgestauten Lavamassen gibt es aber in Ecuador auch Lavaströme von bemerkenswerter Länge. Besonderes Interesse in seinem ganzen Verlaufe beansprucht der Antisanillastrom. Sein Ursprung ist nicht ein fest umgrenzter, individueller Vulkan, sondern ein aus mehrern kleinern Bauten zusammengesetztes Bergland, das Stübel unter dem Zwange, einen einheitlichen Namen dafür anzuwenden, Chacanagebirge genannt hat, nach dem höchsten Punkte Chacana Mirador, der einen Teil eines zerstörten kleinen Vulkankegels bildet. Ganz unscheinbar in einem kleinen, linkswandigen Kessel eines Tales hat sich ein Lavaköpfchen aufgestaut und sendet nicht nur seinen Riesenschwanz

talabwärts, sondern auch einen kurzen Ausläufer zu Berg, wo ein einsamer See abgedämmt ist. Als dieser Strom um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts ausfloß, erfüllte er die ganze Breite der Talsohle, folgte dem natürlichen Gefälle und mündete in ein anderes Tal, in das er über einen steilen Hang hinablief. Dem Flüßchen Isco deckte er das Bett zu, so daß der Wildbach 6 *km* unterirdisch fließt, nicht ohne erst in mehrern kleinen Seen den Kampf, in dem er dem Feuerstrome unterlag, widerzuspiegeln. Die ganze Länge des Lavaergusses beträgt vielleicht 12 *km*. An seinem Ende gleicht er einem Riesenwurme, der nur den Boden, aber nicht die Seitenwände des Tales berührt, aber dabei eine Mächtigkeit erreicht, die nicht viel unter der sicher 100 *m* überschreitenden Höhe der Gehänge zurückbleibt.

Das, was von Stübel Chacanagebirge genannt wurde, bezeichnet Reiß als Flußgebirge des Antisana; es stößt nachbarlich an den genannten Schneeberg an und tritt ihm gegenüber nur untergeordnet in die Erscheinung. Der Antisana selbst weist auch charakteristische Lavaströme auf. Sie spielen aber keine Rolle im Vergleiche zum Ganzen. Dieses zerfällt wie der Imbabura und Cotacachi in einen Grundbau aus Laven und einen Oberbau aus Agglomeraten, doch ist an letzterm, wie der südliche Gipfelkegel verrät, auch eine kolossale Lavabank beteiligt. Riesige, steilwandige Kessel schließen den einfachen innern Bau auf.

Das Gebiet, in dem wir uns bewegen, seitdem der Antisanillastrom erreicht wurde, ist, wie Stübel neuerdings hervorgehoben hat, ein ungemein lehrreiches Beispiel für die Äußerung eruptiver Kraft. Zusammengedrängt auf eine Fläche von nur 50, höchstens 60 *km* Durchmesser liegen nicht weniger als sieben Vulkanzentren. Das kleinste davon steht an Masse der Somma-Vesuv-Gruppe bei Neapel kaum nach, während das größte, das des Cotopaxi, sich um 3000 *m* über seiner Grundlage bis zur absoluten Höhe von 5943 *m* erhebt.

Am Nordfuße dieses herrlichen Kegels finden sich ganz eigentümliche, höchstens 10 *m* hohe Küppchen dicht geschart. Sie sind höchst rätselhaft. Zuerst erwecken sie den Glauben an Gebilde durch Eiswirkungen, wie Rundhöcker. Doch spricht die Höhenlage, bis zu der man sie hinab verfolgen kann, 1100 bis 1200 *m* unter der gegenwärtigen Schneegrenze von vornherein ein gewichtiges Wort gegen diese Auffassung, denn nach meinen Beobachtungen gehen die Spuren älterer Vereisung längst nicht so weit ins Tal hinunter. Die Küppchen sind nicht immer so gedrängt. Zwischen dem Pasochoa und Sincholagua zum Beispiel stehen sie weit auseinander. Hier ist auch einer angeschnitten. vermutlich wollte jemand untersuchen, ob es künstliche Hügel wären, die Incaschätze bärgen. Da zeigt sich, daß sie aus ziemlich scharfkantigem Haufwerke bestehen. Die Blöcke haben alle möglichen Größen bis zum Gewichte von mehrern Zentnern, die Mehrzahl aber ist kopfgroß. Den Schutthaufen hüllt eine fast 1 *m* mächtige Decke der schwarzen feinen Erde, Chocoto, ein, welche die Oberfläche des größten Teiles des ganzen Hochlandes bildet und das Rohmaterial der überall gebräuchlichen Trockenziegel, Adoves, ist. An anderer Stelle, am Sincholagua, zieht sich ein ganzes Kegelregiment an einer Berglehne zu Tal und endet unten in unzählbarer, dicht gedrängter Menge. Sonst habe ich an keiner Stelle, weder in Ecuador noch an irgend einem Punkte der Erde, gleich typisch ausgebildete Vorkommnisse dieser Art angetroffen. Indessen ließen sich welche in weniger augenfälliger Anlage auch in verschiedenen andern Vulkangebieten nachweisen. Vermutlich sind sie nichts als eigentümliche Lava-Oberflächenformen, Verwandte der Hornitos und Lavaschornsteine. Bestimmtes läßt sich jedoch über ihren Ursprung noch nicht sagen. Sie könnten nur als Bildungen sehr alter, an ihrer Oberfläche vom Zahn der Zeit schon außerordentlich mitgenommener Lavamassen gelten.

Recht schöne, frisch erhaltene, historische Ströme finden sich in ziemlicher Anzahl am Cotopaxi. Stübel nimmt an, daß alle aus dem zentralen Gipfelkrater ergossen wurden. Dabei ist nicht nötig, daß jeder Strom ein zusammenhängendes Band von der Kraterlippe an bildet, weil die Steilheit des obern Berghanges in Verbindung mit der dicken Schneedecke ein Haften der

Lava erst Hunderte von Metern unter dem Gipfel leicht erklärlich macht. Ich glaubte, in einer kesselartigen Erweiterung des Juyua-huaico an der Nordflanke einen Flankenausbruchspunkt zu erkennen. Die Lava selbst ist hier durch nachträgliche Bedeckung mit Schutt der Beobachtung entzogen und kommt erst etwas talabwärts zum Vorscheine. Deshalb ist die Deutung ungewiß und die Möglichkeit nicht abzustreiten, daß die auf dem Talboden auftretende Lava mit einer oben an dem einen Talgehänge wahrzunehmenden genetisch zusammenhängt, daß der Strom da, wo jetzt die kesselartige Erweiterung ist, in die Schlucht hinabfloß, daß später die Talwand zu Bruche ging, der Kessel entstand, und der ursprüngliche Zusammenhang dem forschenden Auge für immer verdeckt wurde.

Die Cotopaxiflanken gehen, besonders nach W, wo nicht andere Berge der Ausbreitung hinderlich waren, ganz allmählich in die Ebene seiner Grundlage über. Diese natürliche Erscheinung an Vulkankegeln ist allbekannt, aber in Japan so tief in das Bewußtsein des Volkes gedrungen, daß sie zur Bildung eines besondern Begriffes geführt hat. Susono, wörtlich Schleppenfeld, von suso Schleppe und no Feld, nennt man in treffendem Vergleiche mit der Kleiderschleppe, welche auch unmerklich zur horizontalen Richtung übergeht, die Fußgebiete der Vulkane, und Bergschleppe läßt sich das Wort zweckmäßig verdeutschen.

Die schlanke Gestalt des Cotopaxi legt die Vermutung nahe, daß ihn wesentlich Tuffe aufbauten. Zweifellos verdankt er auch vieles seiner äußern Form Auswurfsmassen, die an seinem Mantel in Menge auftreten. Jedoch wären Lavaergüsse aus dem zentralen Krater undenkbar, wenn loses Material die Wände bildete, denn diese würden dem Drucke der aufsteigenden Lavasäule nicht bis zum Rande widerstehen. Der Kern muß daher doch geflossenes Gestein sein. So steile Lavakegel sind auch gar nicht vereinzelt. Der Tunguragua gehört dahin. Der Lavastrom, der 1886 in zwei Arme geteilt bis in die Betten des Rio Chambo und des Rio Pastaza floß und große Seen aufstaute, bis sich die Flüsse neue Durchlässe im losen Tuff der Uferlehnen ausgegraben hatten, trat auch über den Kraterrand und soll die Bresche, welche den geraden Verlauf der Kraterlippe im W unterbricht, erst durch das Überlaufen dieses Ergusses besonders stark ausgefahren haben.

Die Lage der Vulkane ist ganz regellos, hier unten in der interandinen Talmulde, die dadurch in mehrere langgezogene Wannen gegliedert wird, da hoch oben auf einer Cordillere, dort in mittlern Höhen. Den Fall, wo der Vulkan hoch oben auf dem Kettengebirge thront, bringt keiner so augenfällig zum Ausdrucke wie der Chimborazo. Befindet man sich selbst auf der östlichen Cordillere, z. B. am Cerro Altar, so schweift der Blick über die wolkenerfüllte interandine Talmulde fast 50 *km* weit zur langgestreckten westlichen Cordillere hinüber, auf der sich der Chimborazo als gesondertes Glied weit in den Äther erhebt.

Dieser höchste der ecuadorischen Berge (6310 *m*) liefert manches des Interessanten. An drei Seiten ist der Mantel tief hinein zerstört, so daß ein Einblick in das Innere möglich wird. An der SW-Flanke erfüllt den Grund eines steilen Tales dicht unter der Schneegrenze eine prachtvolle Moräne, die einem Lavastrome zum Verwechseln ähnlich sieht. Jedoch kann es ein solcher nicht sein, da die verschiedenartigsten Blöcke ein ganz heterogenes Schuttwerk zusammenstellen. Eine Felsengruppe am linken Gehänge besteht aus eigenartigem Gesteine, wahrscheinlich ist es eine Lava. Sie wurde noch nicht mikroskopisch untersucht. Die Mächtigkeit derselben kann nicht viel unter 100 *m* betragen. Sie fällt von weither auf und trägt den Namen Kathedralfelsen. Neben diesen fesseln noch andere, zum Teil recht wunderlich geformte, aber bedeutend kleinere das Auge. Sie sind das Erosionsprodukt von Schutt, vielleicht Moränenreste, vielleicht gewöhnlicher Vulkanschutt, dessen Gegenwart an einer so zerstörten Flanke gar nicht überraschen kann. Es sind Erdpyramiden in der charakteristischen Form eines von einem größern Blocke gekrönten Pfeilers.

Die zweite Wunde hat der Chimborazo im NO. Hier kommt ein Gletscher herunter, der in seiner am Ende vielleicht 12 *m* dicken Mächtigkeit unzählige Streifen eingeschlossenen Staubes birgt und dadurch grau bis schwarz aussieht. Hohe Seitenmoränen ziehen weiter hinab zu Tal in Tiefen, von wo sich längst das Eis zurückgezogen hat. Als langgestreckter, dreigipfeliger Berg zeigt sich an dieser Stelle der Riese und erinnert damit an andere, ebenfalls nur aus geflossenen Laven aufgebaute, kraterlose Andesit- und Trachytvulkane. Genannt sei der Ixtac-cihuatl in Mexiko, der zudem zu einem interessanten Vergleiche des Lavenverbandes geeignet ist. Er weist nämlich deutlich individualisierte Lavalagen auf. Diese sind aber nicht durch Tuffe, Schutt oder Zerreibungsprodukte getrennt, sondern nur durch loseres Gefüge, weniger deutliche Gesteinsabsonderung und häufiges Auftreten von Höhlen an den Grenzen ausgeprägt. Auch der Chimborazo zeigt — besonders schön an der dritten Freilegung des Innern, einer gegen 1000 *m* hohen Steilwand über der Schneelinie an der N-Flanke — deutlich pseudoparallele Lagerung von Laven (Tafel IV). Das Auge erkennt aber nur einen Wechsel bräunlichroter und blauer Farben; ein Abstand im Gesteinscharakter, so daß sich das Rote etwa als Agglomerat vom Blauen unterschiede, ist nicht wahrzunehmen, im Gegenteil selbst in Steinen von Handstückgröße stößt beides scharf, aber doch unmerklich ineinander übergehend, zusammen. Und doch drückt der Farbenwechsel eine Verschiedenheit aus, deren Ursache wohl in dem Übereinanderfließen der einzelnen Lagen begründet ist. Jeder der verglichenen Vulkanberge zeigt also eine Schichtung, die allerdings verschieden ist. Jedoch weicht sie weniger der Art als vielmehr dem Grade nach untereinander ab. Nämlich die Aufschlüsse am Ixtac-cihuatl liegen am Mantel, also am Ende der Lavafelder, am Chimborazo hingegen im Gebirgskern; dort fern vom Ergußpunkte, wo das ausgeflossene Magma auf seinem Wege einer gewissen Abkühlung unterworfen war, hier nahe am Förderschachte, wo dieser Faktor eine untergeordnete Bedeutung haben kann, nämlich dann, wenn zwischen den einzelnen Ergüssen keine beträchtliche Abkühlungspause lag. Und das scheint in der Tat die Struktur der Chimborazowand zu lehren. Die einzelnen Ergüsse konnten nicht durch jahre- oder gar jahrhundertelange Pausen getrennt sein, sondern mußten sich schnell folgen. Also nicht nur die beschriebenen Agglomeratvulkane, sondern auch Lavenvulkane bilden eine wesentliche Stütze der Hypothese Stübels vom monogenen Baue vieler Vulkanberge.

Wenigstens das Kerngebäude etlicher trägt Anzeichen der Richtigkeit dieser Auffassung, und voraussichtlich werden Beobachtungen zugunsten derselben in immer größerm Maße bekannt werden. Daneben gibt es aber oft Erscheinungen, welche zeigen, daß schwache Betätigung des Vulkanismus auch dann noch fortgedauert hat. Dazu gehören die Lavaströme, welche z. B. im krassen Gegensatze zu den deckenartigen Massen, aus denen der Chimborazo im wesentlichen besteht, in Raupenform am Kegelfuße verbreitet sind. Besonders nach SO und nach N ziehen sich einige auffällige hin. Die Frage, ob sie am Gipfel aus einem zentralen Krater oder aus den Flanken herausgetreten sind, beantwortet nicht allein eine einfache Betrachtung, sondern auch ein äußerst lehrreicher Aufschluß. Die Vorstellung, daß die Lavaströme die steilen Wände vom Gipfel herabgeflossen wären, ohne dort noch heute kenntliche Spuren zurückzulassen, verbietet sich, wie am Cotopaxi ausgesprochen wurde, nicht ohne weiteres. Indessen besitzt der Chimborazo gar keinen zentralen Krater, auch ist kein Grund für die Annahme vorhanden, daß er nach Vollendung des großen Baues zurückgeblieben wäre. Hingegen liegt ein Lavaaustrittspunkt am Fuße des großen Steilabsturzes an der Nordflanke, der auch die Schichtung der Decken, von der die Rede war, so prächtig aufschließt. Aber nicht nur die Quelle eines Flankenstromes ist hier zu beobachten, sondern mit ihr erschließt sich auch noch das Wesen der ungeheuern Steilwand: als sich das Magma mit Gewalt Bahn brechen mußte, da ihm kein Ausweg zu Gebote stand, sprengte es einen Teil des Berges von der Flanke ab. So schuf es sich

einen Austrittspunkt und floß als Strom ab. Der Schutt, der sich am Explosionskessel und in der weitern Umgebung ansammelte, ist jetzt tief hinab zu Tal getragen, zum Teile setzt er gewaltige Moränen zusammen, die das Auge von oben in die Ferne verfolgen kann. Darüber schweift der Blick hinaus über Weiden und Felder hinweg auf unerforschtes Land, das sich im Dunste verliert."

Das vulkanische Wrangellgebirge in Alaska behandelte W. O. Mendenhall. [1]) Die ersten zuverlässigen Nachrichten über das Gebirge brachte der Prospektor J. Bremner, der 1884 den Copper River hinaufging, einen allerdings scheiternden Versuch zur Besteigung des Wrangellvulkanes unternahm und Zeuge seiner Ausbrüche war. Spätere Forschungen zeigten dann, daß der Gebirgsstock mehrere sehr hohe Spitzen besitzt, und die letzten Untersuchungen durch Gerdine und Witherspoon von der Geological Survey, gaben vollständige Aufschlüsse über die Lage und Topographie des Gebirges und die Höhe seiner Gipfel, die trigonometrisch gemessen worden sind. Danach sind wenigstens zehn von ihnen höher als 3600 *m*, und zwei darunter, Mount Sanford und Mount Blackburn, höher als der Mount Wrangell. Mount Sanford ist 4950 *m*, Mount Blackburn 4920 *m* und Mount Wrangell 4270 *m* hoch. Mehrere sehr hohe Spitzen sind noch nicht benannt. Das ganze Gebirge besteht zum größten Teile aus Lava und dem verhärteten ausgeworfenen Schlamme, die auf einer ältern Schicht aufgehäuft sind Die Gestalt der Gipfel haben Vulkanismus und Erosion zugleich herausgebildet, und jeder von ihnen zeigt einen besondern Typus. Mount Wrangell selbst verdankt seine Formen fast ganz vulkanischer Tätigkeit, und die Erosion hat seine ursprüngliche Form weniger verändert. Dagegen hat der massige, 3660 *m* hohe Mount Drum seine ursprüngliche Gestalt längst eingebüßt, und seine heutige Gestalt ist das Produkt der atmosphärischen Agenzien. Mount Sanford ist ein vulkanischer Dom, dessen eine Hälfte durch die abgrabende Tätigkeit eines Gletschers wegminiert worden ist. Mount Blackburn ist von allen Seiten vom Eise beschnitten worden, und nur der oberste Teil zeigt die ursprüngliche, sanft gerundete Form, während unterhalb desselben steile Wände abstürzen. Vom Mount Wrangell geht nach Norden der 80 *km* lange Nabesnagletscher hinunter.

Das Vulkangebiet des zentralafrikanischen Grabens schilderte Hauptmann Herrmann [2]), der als Leiter der Vermessungsarbeiten 1900 bis 1902 das Gebiet im Norden des Tanganika bereist hat. Nach seiner Anschauung bedeckte vor Erhebung des Vulkangebirges eine zusammenhängende und 1200 bis 1300 *m* ü. d. M. gelegene Wasserfläche den zentralafrikanischen Graben vom Äquator bis 2° 25′ südl. Br., so daß das Niveau des Albert Edward Nyansa um etwa 300 *m*

[1]) National Geogr. Magazine 1903. — Globus **85**. p. 178.
[2]) Danckelmanns Mitteil. 1904. Heft 1. — Globus **85**. p. 277.

höher und das des Kivusees um etwa 200 *m* tiefer lag als gegenwärtig, und demnach der Kivu mit allen seinen Zuflüssen zum Nilgebiete gehörte. Diese Wasserfläche war im Süden innerhalb des zentralafrikanischen Grabens zwischen 2° 25′ und 2° 40′ südl. Br. durch einen 1800 *m* hohen Querriegel von dem Tanganika- und Kongogebiete abgeschlossen. Der Querriegel war nach Herrmann dadurch entstanden, daß bei der ursprünglichen Grabenversenkung eine die beiden Grabenränder (3000 bis 2500 *m* hoch) schief verbindende Glimmerschieferscholle nur halb in die Tiefe abgerutscht war. Den Beweis für die in einer frühern Erdperiode bestandene Trennung der beiden Seen- und Flußsysteme hatte Moore schon damit erbracht, daß er die totale Verschiedenheit der Fauna im Tanganika von der im Kivu-, Albert Edward- und Albertsee als sicher konstatierte. Als später in einer geologisch rezenten Periode der Boden zwischen dem Kivu- und Albert Edwardsee durch vulkanische Kräfte gehoben wurde und allmählich zu dem heutigen Kirungagebirge emporwuchs, mußte der Spiegel des Albert Edward Nyansa, weil ohne den bisherigen Zufluß aus Süden, sich senken, während der Kivusee, eingeschlossen von den Bergen im Norden und dem Querriegel im Süden, sich mehr und mehr ausfüllte, bis er an der niedrigsten Stelle (bei dem Querriegel) einen schmalen Durchgang sich erkämpfte und als Rusisifluß dem um etwa 670 *m* tiefer gelegenen Tanganika zuströmen konnte.

Über die Kratergestaltung und über die Höhe der einzelnen Gipfel gibt Herrmann ausführlichere Auskunft, wobei er die Resultate mehrerer Ersteigungen und der gründlichern Erforschung der Formationen übersichtlich zusammenfaßt. Von den acht Vulkanen sind fünf erstiegen worden, und zwar (von West nach Ost) von der ersten Gruppe: der Niragongo von Graf Götzen 1894, der Namlagira von Leutnant Schwartz 1902; von der zweiten Gruppe: der Karissimbi von Pater Barthélemy 1903; von der dritten Gruppe: der Ssabjino von v. Beringe 1903 und der Muhawara von Bethe 1900. — Der Karissimbi überragt mit 4500 *m* die übrigen Gipfel um 100 bis 1500 *m*. Ewiger Schnee befindet sich nur in den Klüften der höchsten Region; doch „ist er oft des Morgens bis 600 *m* unter dem Gipfel mit lückenloser Schneedecke bedeckt“

Die Vulkane des Ostgriqualandes. Obwohl der vulkanische Charakter der Drakensbergkette seit langem erkannt ist, hat man erst neuerdings eine größere Zahl ehemaliger tätiger Eruptionszentren entdeckt. Neunzehn oder zwanzig sind von einer Abteilung der Geological Survey in Matatiele im Ostgriqualande festgestellt worden, und ein Aufsatz über sie von E. H. L. Schwarz findet sich in Bd. XIV, Teil 1 (1903) der „Transactions of the South African Philosophical Society“. Diese Vulkane sind sehr alt, da sie zur obern jurasssichen oder Kreideperiode gehören, und deshalb von besonderm Interesse, weil sie nicht nur die Verhältnisse im Ausbruchsschachte weit unter

der ursprünglichen Mündung zeigen, sondern auch etwas von der obern Gestaltung, so daß, wenn man diese geologischen Dokumente vereinigt, man einen natürlichen, 1200 bis 1500 *m* langen Vertikaldurchschnitt eines Vulkanes erhält. Alle in Matatiele entdeckten Vulkanöffnungen finden sich südlich der Drakensbergkette, weil dank der schnellen Erosion auf dem regenreichern Abfalle des Gebirges nach der See zu die ganze äußere Seite der alten Vulkanspitzen abgetragen worden ist, so daß die Rauchöffnungen selbst so weit heruntergebracht sind, daß man sie jetzt ganz am Fuße des Gebirges vorfindet. Einige jedoch haben mehr Widerstand leisten können und stehen jetzt draußen auf den Bergabhängen, so daß man die Lavaausflüsse und andere Verhältnisse der Oberfläche erkennen kann. Schwarz beschreibt etwas eingehender die Öffnungen (deren mandelsteinartige Lava jetzt den Kamm der Kette bildet), um ein Bild von der Natur der Vulkane zu geben, und zieht dann seine Schlüsse daraus für die geologische Geschichte dieses Teiles von Südafrika. Die Vulkane scheinen auf einer etwa 60° Ost zu Nord verlaufenden Streichungslinie zu liegen, und in einer ähnlichen Richtung dürften die tektonischen Linien des ganzen Gebietes dominieren. In permischer Zeit lief eine Küstenlinie ungefähr nordöstlich der Linie des untern Vaalflusses entlang. Sedimente, die von verschiedenen Lagen vom Dwykakonglomerat bis zur obern Karroo repräsentiert werden, wurden in einem breiten Bande nach Südosten abgelagert. Dieses wurde mit der Zeit trockenes Land, und es bildete sich eine gut markierte Wasserscheide, die heute in der im allgemeinen geradlinig von Kapstadt nach Delagoabai verlaufenden Hauptwasserscheide erkannt werden kann. Diese ist, wie man sehen kann, älter als die Bildung der jetzigen Hauptketten, da die südöstlich von ihr abströmenden Flüsse die Ketten in tiefen Schluchten durchbrechen. Der obere Orangefluß allein schneidet durch diese Wasserscheidelinie hindurch, und die ihn speisenden Flüsse sind von ihrem natürlichen Laufe, der südostwärts ging, abgelenkt worden. Die Kraft, die das bewirkte, war offenbar das Emporsteigen einer Vulkanreihe der der Wasserscheide parallelen Streichungslinie entlang. Aus der Zusammensetzung der Stormbergschichten schließt Schwarz, daß zur Zeit ihrer Bildung eine alte Landmasse gegen Süden hin existierte, von der Madagaskar und die Seychellen die Überreste sind, und daß in dem zwischen diesem Lande und dem alten nördlichen Lande eingeschlossenen Meere die Sedimente vom Tafelbergsandsteine aufwärts abgelagert worden sind.

Vulkanischer Ausbruch auf der Insel Comorn.[1]) Der Mont Kartala, der im südlichen Teile der großen Comorninsel bis auf 2400 *m* Seehöhe ansteigt, wurde am 25. Februar plötzlich tätig und ergoß die

[1]) Erdbebenwarte 1904. III. p. 248.

glühende Lava in vier Strömen auf die Umgebung herab. Zwei Arme breiteten sich in der Provinz von Orchini aus und wälzten sich in östlicher Richtung ins Meer, nachdem sie auf ihrem Wege alles vernichtet hatten. Mehrere Eingeborene, die von der ebenso unerwarteten als heftigen Katastrophe überrascht worden waren und sich nicht mehr rechtzeitig flüchten konnten, gingen mit ihren Viehherden zugrunde. Beinahe um die gleiche Zeit begann auch der Mont Rosso im südöstlichen Teile der Insel Feuer zu speien, doch war dessen Auswurf weniger heftig. Am Abende schien der Himmel oberhalb der Gebirgskette, die das Tal von Utoandra beherrscht, in Brand geraten zu sein. In der Nacht wurden fürchterliche Detonationen vernommen, denen mehrere heftige Erdbeben folgten. Erschreckt eilten die Bewohner aus ihren Häusern und wurden Augenzeugen, wie eine riesige Rauchsäule, vermischt mit Wasserdampf, aus beiden Kratern, hauptsächlich aus jenem des Mont Kartala, emporschoß, und aus ihr Blitze in verschiedenen Farben zuckten. Aus dem Feuerherde erhob sich plötzlich ein glühender Lichtkegel, der die Farbe vom brennenden Rot ins Blendende der Weißglühhitze wechselte, worauf abermals Lava aus den beiden feurigen Schlünden zu fließen begann. Vertreter der staatlichen Behörden sendeten Boten nach den exponierten Punkten der Insel aus, um die Bewohner zu warnen und sie zum Verlassen der Siedlungen zu bewegen. Dank dieser Umsicht wurden manche gerettet. Nur einzelne Fußgänger und Hirten, die ihre langsamen Herden nicht verlassen konnten, gingen zugrunde. Auch in der Provinz von Badjeni und in jener von Mutsamiola wurden Erdbeben verspürt.

Der Kilauea auf Hawaii. Dr. O. Kuntze, der im Juni 1904 die Sandwichinseln besuchte, bemerkt in einer zum Teil gegen die dortige unwahre Reklame gerichteten Studie über den Vulkan Kilauea folgendes:[1] Der Kilauea ist jetzt ein zahmer Vulkan, weil er ruht oder erloschen ist und nur noch Wasserdampf mit schwefliger Säure wie andere Vulkane aushaucht. Ich habe Vulkane gesehen und besucht in Europa (Vesuv, Ätna, Stromboli), auf den Canarischen Inseln (Pik von Tenerife, Caldera di Palma), Westindien (Martinique: Pelé), Costarica (Irazu), Venezuela (Silla de Caracas), Bolivia und Chile (mehrere auf der 4000 *m* hohen Puna), in Japan (Fujijama), auf Java (Pangeranga, Merapi und andere) usw., aber ich finde insofern keinen Unterschied zwischen dem jetzigen Kilauea und andern Vulkanen.

Der Kilauea wird auch infolge eines Irrtumes mancher Gelehrten „zahm“ genannt, welche dessen frühern Feuersee in einer Einsenkung des erloschenen alten Vulkanes, wohinein die Lava des innern Kraters Halemaumau geflossen war, für einen tätigen Krater gehalten haben. Aber dem frühern Feuersee konnte man sich ebenso nähern wie den

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau **27**. p. 1.

glühenden, zum Stehen gekommenen Lavaströmen anderer Vulkane. Am Rande solcher Lavaströme, z. B. am Vesuv, formten die Italiener aus der glühenden Lava Erinnerungsmedaillen, wie ich es auch selbst einmal dort gesehen habe.

Wenn sich der Krater wieder öffnen sollte, so dürfte es schwerlich ohne Explosion geschehen, wie auch Erdbeben dort vorkommen, was nach Zeitungsberichten z. B. in der zweiten Woche des Juni 1904 auf den Sandwichinseln der Fall war.

Es gibt kein offenes Ventil eines Vulkanes auf Hawaii. Auf dieser Insel gibt es nach der neuesten offiziellen Landkarte etwa zweihundert kleine Kraterkegel und einige sehr große Krater. Ist einer erloschen oder verstopft, so öffnet sich später ein anderer, gerade so wie es bei andern Vulkanen der Fall ist. Es ist seit dem 24. Juni 1897 kein Feuer mehr im innern Krater, dem Halemaumau, von wissenschaftlichen und unabhängigen zuverlässigen Leuten gesehen worden; die spätern Angaben sind zum Teile nur Geschäftshumbug.

Nachdem der Kilauea-Halemaumau 1897 zum letzten Male ausgebrochen war, öffnete sich der Mokuaweoweo des Mauna Loa wiederholt in spätern Jahren; doch der Geschäftsleiter des Hotels will zu gleicher Zeit Feuer im Halemaumau gesehen haben.

Wenn der Kilauea ein offenes Ventil für das glühende Erdinnere unseres Globus gewesen wäre oder noch wäre, wie wohl mancher glaubt, so dürfte kein einziger anderer Krater auf Hawaii existieren; aber es gibt deren sogar über zweihundert auf dieser Insel.

Der Kilaueakrater ist nicht der größte Krater, denn der Mauna Loa ist drei- bis viermal größer, und der erloschene Haleakalakrater ist zwei- bis dreimal so groß als die Kilaueacaldera. Der 4195 *m* hohe Mauna Loa kann nicht leicht besucht werden, weil keine Wegzeichen vorhanden sind, obwohl der Mauna Loa bis zur Spitze meist klar zu sehen, und der Anstieg gar nicht steil ist. Die Abhänge sind zum Teile mit Acacia Koa (A. Gray) bewaldet, und die neuern Lavafelder sind schwer zu passieren. Mit Wegzeichen, wie man sie in andern Ländern bei von Reisenden besuchten interessanten Punkten findet, könnte der Mauna Loa sogar von Touristen zu Fuß leicht vom Halfwayhouse erstiegen werden.

Da jetzt kein Feuer mehr im Krater, keine glühende Lava, kein Feuersee mehr im Kilauea existiert, sogar nachts kein Feuerschein mehr dort bemerkbar ist, so sind die gegenteiligen Behauptungen (des Hawaiireiseprospektes) unwahr.

Kuntze rechnet den Kilauea zu den ältesten Vulkanen, er sei die einzige Caldera in der Welt mit noch vollkommenen Kraterwänden ringsum; alle andern Calderas sind mindestens auf einer Seite eingesunken oder zerstört. Im südlichen Teile des Grundes der erloschenen Kilaueacaldera von ungefähr 4500 *m* Durchmesser befindet sich der neue Krater Halemaumau mit nur etwa 200 *m* Durchmesser,

dessen Oberkante ungefähr 90 *m* unter der Oberkante der Kilaueawände liegt. An den obern Seiten der Caldera befinden sich zu einem Tuffsteine erhärtete Schlammeruptionen, die mit Lapillis durchmengt sind. Diese werden auch oben um den Kilauea und im tiefsten Teile dieser Caldera nahe dem Vulkanhotel gefunden, wo ein Teil der Calderawand abgestürzt und bis unten mit Vegetation bedeckt ist.

Inseln.

Über die Abrasion Helgolands verbreitete sich W. Wolf.[1]) Für die Ostseeküste sind durch Jentzsch und andere, namentlich aber durch E. Geinitz nicht unbeträchtliche Niveauveränderungen nachgewiesen. Auch für die Nordseeküste fehlt es nicht an Beweisen. In dieser Hinsicht nimmt die weit vorgeschobene Insel Helgoland ein besonderes Interesse in Anspruch, und zwar durch zwei auffallende Erscheinungen. Bekanntlich besteht Helgoland aus zwei Nachbareilanden, der hohen, steilumrandeten Felsinsel und der niedrigen, in ihrem Schutze im Osten gelegene Düne. Beide haben einen gemeinsamen großen unterseeischen Sockel, der vorwiegend aus den Schichten des Zechsteinlettens, untern Buntsandsteines, Muschelkalkes und der Kreide vom Neokom bis zum Senon gebildet wird. Die Felsinsel ist nichts als der letzte Rest einer größern, der Abrasion zum Opfer gefallenen Landmasse. Sorgfältige Beobachter, wie Wiebel und Lindemann, haben das Maß des Küstenrückschrittes in neuerer Zeit auf 3 bis 5 *m* im Jahrhunderte berechnet.

Wenn man mit diesem Maße nun einmal rückwärts den Zeitraum berechnet, den die Abrasion zur Herausbildung des Sockels gebraucht hat, so kommt man auf ca. 15000 Jahre. Bedenkt man, daß die großen mittelalterlichen Sturmfluten und die sicher vorauszusetzende ungleiche Widerstandsfähigkeit des Landes hin und wieder dies Tempo erheblich beschleunigt haben werden, so ermäßigt sich die Schätzung vielleicht auf 10000 Jahre.

Warum begann die Abrasion nicht eher? Schützende Klippen dürften im Westen der Insel kaum vorgelegen haben. An dem Außenrande der Abrasionsfläche, der mit einer Verwerfung zusammenfällt, senkt sich der Meeresboden ziemlich rasch auf 15 bis 20 *m* Tiefe, um dann noch einmal im „bütters Roig" auf 5 bis 8 *m* unter Seespiegel anzusteigen. Der bütters Roig besteht aus Kreide und kann vielleicht als Rest einer schmalen und wegen ihres weichen Gesteines leicht zerstörbaren Vorklippe aufgefaßt werden. Jenseits derselben kommt bald die 20 *m* Tiefenlinie.

Es gibt nur zwei Erklärungen für den späten Beginn der Abrasion: entweder existierte die Nordsee zuvor nicht, oder aber Bodenbe-

---

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geolog. Gesellschaft **55**. p. 115.



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Jahrbuch XV, 1904.
Tafel IV.

Steilwand an der Nordflanke des Chimborazo
mit schichtiger Lava und dem Austrittspunkt (rechts) eines jüngeren Lavastroms.

Photographische Aufnahme von Dr. Paul Großer.

wegungen brachten erst zu jenem Zeitpunkte das Gebiet um Helgoland in so tiefe Lage, daß die bereits benachbarte See den Angriff eröffnen konnte. Im ersten Falle könnte man im Anschlusse an einzelne amerikanische und skandinavische Geologen, welche das Ende der Eiszeit bis vor ungefähr 10- bis 15 000 Jahren heraufrücken, mutmaßen, daß erst damals die Nordsee das Inlandeis verdrängte und diese Gegend erreichte. Allein es gibt Erwägungen, die dagegen sprechen. Die Rentier- und Mammutfunde auf der Doggerbank, und die späte Eröffnung des Kanales machen es wahrscheinlich, daß zwischen der Enteisung des Nordseebodens und seiner Einnahme durch das Meer eine kurze Festlandsperiode liegt. Darauf scheint nach Wolf auch die zweite hier zu besprechende Erscheinung auf Helgoland zu deuten. Er meint das seltsame Vorkommen einer Süßwasserablagerung 5 *m* unter der See am Grunde des Nordhafens und bei den Klippen nördlich der Düne (zwischen Selle- und witt Kläww-Bru, zwischen letzterm und der Hauptinsel, sowie beim olde Höve-Bru). Hallier und Lasard geben den Pflanzen- und Tierinhalt dieser Ablagerung näher an. Darnach ist sie offenbar quartär, und zwar, da sie unbedeckt von andern Schichten liegt, postglazial. Da die Einsenkungen, in denen sie liegt, sich nach der offenen See verbreitern und keine Reste etwaiger schützender Riegel erkennen lassen, hinter denen sich diese Süßwasserbildung von Anfang an in so tiefer Lage hätte bilden können, so liegt auch hier wieder die Annahme einer verhältnismäßig jungen Landsenkung nahe. Es bliebe dann zu prüfen, ob sich diese Senkung nur innerhalb der auch jetzt den Inselsockel umgrenzenden Hauptverwerfungen vollzogen haben sollte, oder ob sie, wie Wolf annehmen möchte, Teilerscheinung einer umfassendern Bodenbewegung gewesen wäre.

Der Rockallfelsen. Schon 1862 ist die Lage dieses einsamen Felsens durch eine Expedition des britischen Kriegsschiffes „Porcupine“ auf 57° 36.3′ nördl. Br. und 13° 41.5″ westl. Länge festgestellt worden. [1]) Der Felsen ist etwa 21 *m* hoch und hat in der Wasserlinie nicht über 90 *m* Umfang; es liegen in seiner Nähe noch einige blinde Klippen. Der Felsen ist, wie auch sein weißer Gipfel bekundet, der Aufenthaltsort zahlreicher Seevögel. Die Rockallbank erstreckt sich mit weniger als 180 *m* Tiefe reichlich 10 Seemeilen östlich und 15 Seemeilen westlich vom Felsen und reicht etwa von 57° 55′ nördl. Br. bis nach 56° 55′ nördl. Br. herab. Was Landungen auf Rockall betrifft, so ist der „Porcupine“ kein Landungsversuch gelungen. In den Jahren 1887 und 1888 soll der Felsen einige Male durch Fischer aus Grimby und von den Faröern bestiegen worden sein. Eine Expedition zur Erforschung von Rockall wurde im Jahre 1896 von Killybegs aus (Donegalbucht an der Westküste Irlands) ausgeschickt; sie war mit

[1]) Monatskarte des Nordatlantischen Ozeanes. August 1904.

Fischereigerätschaften und Landungsmitteln, wie z. B. Leinengeschütz und Klippenleitern, ausgerüstet. Doch gelang auch ihr auf beiden Reisen, die sie im Juni 1896 machte, kein Landungsversuch, wohl aber wurden mit Kurre und Schleppnetz zahlreiche Gesteins- und Muschelproben zutage gefördert. Ob die Proben von Flachwassermuscheln, die aus einer Tiefe stammen, in welcher die Tiere nicht gelebt haben können, durch Eisberge oder durch Fischer dorthin gekommen sind, oder ob sie einer Zeit angehören, in der das Wasser dort viel flacher war, ist nicht endgültig aufgeklärt. Die Gesteinsproben lassen einen porphyrartigen, hauptsächlich aus Quarz, Feldspat und Augit bestehenden Granit, den man „Rockallit“ genannt hat, erkennen. Über die Arten und über die Menge der auf jenen altbekannten Fischgründen gefangenen Fische erhalten wir keine Auskunft; wohl aber wird angegeben, daß die Expedition bei ihrer Schleppnetzfischerei viele Geräte verloren hat. Die steilen Seiten des Felsens machen die Errichtung einer meteorologischen Station auf Rockall ganz aussichtslos; auch ist es natürlich nutzlos, dort Zuflucht suchen zu wollen.

Die Insel Gotland schildert G. Schoener.[1]) Sie hieß in der Vorzeit Gutaland und hat ein Areal von 3158 *qkm*, auf dem eine Bevölkerung von 52 781 Seelen (1901) lebte. Die Küste zeigt mehrere Buchten, von denen die größte die Klintehamnbucht an der Westküste, der im Süden die beiden Karlsinseln (Karlsöerna) vorgelagert sind, von denen die größere (stora Karlsön) größtenteils von einem weitgestreckten, über 50 *m* hohen Plateau mit lotrechten Wänden, die allmählich in südöstlicher Richtung sich abdachen, durchzogen wird. An der kleinen Bucht im Norden findet sich der einzige Hafen, der Norderhamn. Die wenige Kilometer entfernte kleine Karlsinsel (lilla Karlsön) weist noch steilere und wildere Formationen mit einer Mittelhöhe von 60 *m* auf. Im Südwesten Gotlands dringt der Burgsviken tief ins Land ein, während der Norden die längste Bai, den 7 *km* langen Kappelhamnsviken, aufweist, und im Nordosten die Farön (Schafinsel) durch den Farösund von der Hauptinsel geschieden wird. Die Farön wird fast ausschließlich von Fischern und Lotsen bewohnt, die im Frühjahre auch die gefährliche Seehundjagd auf dem Treibeise ausüben.

40 *km* nördlicher liegt die Gotska Sandön (gotische Sandinsel), die eine etwas unregelmäßige Dreiecksform zeigt, deren längste Seite mit 9 *km* gegen Nordnordost gewendet ist, und deren Mittelhöhe über dem Meere 20 *m* nicht übersteigt. Rund um Sandön laufen ältere und jüngere Randdünen, und querüber erstreckt sich eine gewaltige alte Düne, Högasen, die bis zu 42 *m* sich erhebt und das nordwestliche Horn von den übrigen Teilen scheidet. Der innerhalb der Randdünen

[1]) Globus **85** p. 112.

gelegene Teil ist vielfach mit hochstämmigem Fichtenwalde bestanden. Bezüglich ihres Alters und ihrer Zusammensetzung ist die Sandön verhältnismäßig jung und so recht ein Produkt der Sortierungs- und Umlagerungsarbeit des Meeres. Ihr Strand ist von den Schiffern gefürchtet und fordert alljährlich zahlreiche Opfer.

Gotland gehört gleichwie die südwestlich gelegene Insel Öland der kambrisch-silurischen Formation an, und Bestandteile der archäischen Formation, die — wie Gneis und Granit — im südöstlichen Norwegen, in Schweden und Finnland vorherrschen, kommen nicht vor, ausgenommen Findlinge, die zur Zeit des skandinavischen Landeises hier abgelagert wurden. Alle zutage tretenden Teile bestehen aus mächtigen Kalklagern, aufgebaut auf einem unter dem Meere liegenden Sandsteinplateau, das sich im Süden und Norden noch einige Meilen fortsetzt und allein an der südlichen Landzunge zutage tritt. Der nordwestliche Teil steigt in steilen Terrassen auf und zeigt den höchsten Punkt der Insel, die Follingbohöhe (südöstlich von Wisby, 77 *m*). An der Südspitze erhebt sich die steile Anhöhe Hoburgen mit zahlreichen Grotten. Die Küsten weisen häufig die durch Erosion gebildeten pfeilerartigen „Raukar" auf.

Einige unbedeutende Bäche, ein paar kleine Seen (träsk) und zahlreiche, im Sommer meistens austrocknende Sümpfe (myrar) stellen die Gewässer der Insel dar. Das Innere ist flach, und die Ablagerungen bilden nahezu horizontale Lager mit schwacher Neigung gegen Südosten, doch findet sich hier im allgemeinen eine fruchtbare Humusdecke mit prächtigen Eichen- und Erlenwäldern, während nördlich der Sandboden mit ausgedehnten Fichtenwaldungen überwiegt.

Die Strophaden im Westen des Peloponneses gehören zu den kleinen Inseln, die nur höchst selten von wissenschaftlichen Forschern besucht worden sind. Im Jahre 1825 hat sie Graf Prokesch-Osten besucht, dann erst 1898 O. Reiser. C. Patsch gibt, mit Benutzung von Mitteilungen des letztern, von den Inseln eine kurze Schilderung. [1]) Die Eilande, jetzt auch Strophano, Strivali und Stamphanes genannt, sind verhältnismäßig am leichtesten von Kap Keri auf der Insel Zante mittels einer Segelbarke zu erreichen. Reiser brauchte zu der Überfahrt 16 Stunden. Katakolo und Philiatra, die nächsten peloponnesischen Häfen, sind wohl etwa ebensoweit — ca. 35 Seemeilen — entfernt, doch hat man hier in der Regel mit widrigen Winden zu kämpfen. Beide Inseln — einen eigenen Namen hat keine — sind ganz niedrig und winzig klein. Die größere, höhere erhebt sich nur 15 *m* über den Meeresspiegel, so daß man die Schollen selbst erst in ganz geringer Entfernung sichtet. Die kleinere, nördlich gelegene, von dreieckigem Kontur, kann am Saume in etwa ¾ Stunden umgangen werden; die

[1]) Mitteil. d. k. geogr. Ges. in Wien **47** p. 207.

größere, im Grundrisse ein Rechteck mit eingezogener Nord- und Südseite, beansprucht etwa zwei Stunden dazu. Zusammen machen sie 3.5 *qkm* aus. Die Bodenplastik ist bei beiden gleich; sie bilden flache Plateaus, die von mehrern, nach verschiedenen Richtungen verlaufenden Schluchten steil eingeschnitten sind und gegen das Meer mit Ausnahme weniger Stellen in sanfter Böschung abfallen. Die größere Insel hat nur auf der Nordwestküste einen kleinen künstlichen Hafen, der aber bei höherm Seegange nicht angelaufen werden kann. Dagegen weist der Südwestrand der kleinern eine windgeschützte, leichter zugängliche Einbuchtung auf. Ein Kranz zum Teile verborgener Klippen umhegt beide; deswegen können größere Schiffe nirgends anlegen, und selbst kleinere entschließen sich dazu nur notgedrungen.

Ständig bewohnt ist nur die größere Insel; außer dem größern Flächenausmaße war für die Besiedlung auch ihre größere Ergiebigkeit maßgebend. Nebst einem Leuchtturme auf der Nordspitze besitzt sie auf der Nordwestküste ein geräumiges griechisch-orientalisches Kloster. Unmittelbar neben dem Kloster waren bei Reisers Anwesenheit mehrere Felder mit Weizen, Hafer und Gerste gut bestellt, zu deren Berieselung Zisternenwasser verwendet wurde. Sonst überwiegen auf diesem Eilande magere Weiden und mit Gestrüpp, zumeist mit Zistenrosen bewachsenes und mit Steinen überstreutes Ödland, in welches kleine Haine der Seestrandkiefer (Pinus halepensis) eine wohltuende Abwechslung bringen. In den Schluchten der größern Insel herrscht dagegen infolge der bis in den Sommer hinein anhaltenden Feuchtigkeit eine geradezu tropische Üppigkeit der mediterranen Flora. Den abgewaschenen, felsigen Ufersaum umschließt ein schier undurchdringlicher Wall von strauchigen Pistazien. Weinreben, Oliven-, Zitronen- und Orangenbäume kommen nur in geringer Anzahl in dem Klostergärtchen vor.

Fließendes Wasser besitzen die Inseln nicht. Eine von Prokesch-Osten erwähnte Quelle fand Reiser nicht; dagegen konstatierte er auf der größern Insel viele Zisternen mit ausgezeichnetem Wasser und zwei mit Regenwasser gefüllte Weiher, von denen sich der eine unweit des Klosters, der andere in einem Kiefernhaine befindet.

Das Klima ist sehr gesund, vollständig pelagisch. Erdbeben kommen häufig vor; eines der heftigsten war das im Jahre 1893, von dem noch jetzt die vielen Risse und Sprünge in den Klostermauern zeugen.

Das Leben der Insulaner, die von Zante aus häufig abgelöst werden, ist, den Winter ausgenommen, nicht so monoton und beschaulich, wie man annehmen würde. Sie treiben außer dem Ackerbaue auch Viehzucht. Im Jahre 1898 besaß das Kloster eine kleine, mit schwerer Mühe importierte Herde Hornvieh, einige Schafe und zwei Esel, die behufs Ausnutzung der Weide in Ruderbooten auch

nach der in etwa einer halben Stunde erreichbaren kleinern Insel gebracht werden.

Die Inseln sind gleich Helgoland eine Vogelzugraststation ersten Ranges. Reisers Erwartungen wurden in dieser Hinsicht weit übertroffen. Dichte Scharen nord- und wieder südwärts ziehender Vögel aller Art und Größe ruhten hier kürzere oder längere Zeit aus. Insbesondere suchen sie bei Unwetter hier Schutz und Nahrung. Letztere finden die Insektenfresser jedoch nicht, da auf den Inseln selbst die gewöhnlichsten Insekten (Fliegen, Mücken und dergl.) nicht vorkommen, und sterben bei länger anhaltendem Regen, bei Sturm und Kälte den Hungertod. So fand auch Reiser Hunderte von abgemagerten Grasmücken, Fliegenfängern, Bachstelzen, Schmätzern usw., die ein heftiger Regen hierher getrieben hatte, tot oder für die Weiterreise völlig entkräftet vor. „Aber selbst die Menge der zur günstigen Zeit die Insel besuchenden Zugvögel war erstaunlich und wechselte von Tag zu Tag ab."

Die Comoren hat A. Voeltzkow auf seiner der Untersuchung der Riffe und Inseln des westlichen Indischen Ozeanes gewidmeten Forschungsreise besucht. [1]) Diese Gruppe umfaßt die vier Inseln Mayotte, Mohély, Anjouan und Groß-Comoro. Letztere, die größte und bedeutendste der Gruppe, wird von den Eingeborenen Angasija genannt. „Von weitem gesehen, scheint sie aus zwei Teilen zu bestehen, tatsächlich aber bildet sie zwei durch ein flacheres Plateau verbundene Erhebungsgebiete. Im Süden hebt sich das Massiv des Karthala, das fast das ganze Zentrum der Insel einnimmt, mit einem bis noch vor wenigen Jahren tätigen Vulkane, und der bergige Norden wird gebildet aus einer Anzahl erloschener Krater. Der Karthala erhebt sich wie ein gewaltiger Dom gleichmäßig aus der See aufsteigend mit flachem Gipfel bis zu 2400 *m*, während die Berge des Nordens nur Höhen von etwa 1200 *m* aufweisen."

Ein Korallenriff an der Ostküste erwies sich als Überrindung der unterseeisch vorgeschobenen Küste mit vereinzelten Korallenkomplexen. Der Reisende hat dreimal den Gipfel des Karthala besucht. Der Hauptkrater gestattet von Süden her infolge Zerstörung seiner Wandung den Eintritt. „Der erste Anblick enttäuscht, weil die Größenverhältnisse (Durchmesser 3 zu 4 *km*) zu gewaltig sind, und die Wände zu niedrig erscheinen; erst im Innern selbst wird man sich der Großartigkeit des Kraters bewußt. Direkt vom Eingange des Kraters aus betritt man das Lavameer, welches den Boden des Riesenkessels bedeckt. Es erscheint, als wäre soeben erst die Lavamasse plötzlich erstarrt. Man sieht noch förmlich die Lava umherfließen, hier an den Wänden des Kraters anprallend, aber nicht imstande, die Wand zu

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1904. p. 279.

durchbrechen, dort ihre Kraft bereits erschöpft und zu ebenen Lagen sich ausbreitend.

Über diese Lavamassen von mehr oder weniger zerrissener Oberfläche mühsam kletternd, trifft man nach Süden nach 15 Minuten zur rechten Hand, nahe der westlichen Wand und ihr fast anliegend, einen Schuttkegel, der allem Anscheine nach den Ursprungsherd für die Lavamassen des nördlichen Teiles des großen Kraters abgegeben hat.

Weiter nach Süden gelangt man nach etwa 20 Minuten an den eigentlichen Krater, der, gerade weil man unvorbereitet ihn plötzlich zu seinen Füßen sieht, durch seine Größe überwältigend wirkt. Es ist eine fast kreisrunde Einsenkung von ungefähr 500 *m* im Durchmesser und einer Tiefe von 120 bis 130 *m*. Die Wände bestehen auch hier wie die des äußern Kessels aus Bänken dunkelblauen bis blauschwarzen Basaltes und fallen senkrecht allseits ab, so daß es keine Möglichkeit gibt, in die Tiefe hinabzusteigen. Der Boden ist völlig eben und glatt und zeigt in seinem Zentrum ein kleines, unregelmäßiges Loch, von einem kleinen Aschenhäufchen umgeben, ohne aber einen merklich erhabenen Rand erkennen zu lassen.

Östlich am Rande des Kessels befindet sich ein Aschenkegel in Hügelform, der nahe seiner Spitze auf der Ostseite eine trichterförmige Einsenkung besitzt, die in einen zylinderförmigen Schlot führt. Man erkennt in ihm den Ausgangspunkt der Eruption, deren Lavaerguß die südliche Hälfte des großen Kraters ausgefüllt, und deren Ausfluß nach der äußern Seite, nach Osten zu, stattgefunden hat. Man sieht auch hier, daß sich fast jede neue Eruption einen neuen Weg schafft, sei es auch auf dem Rande des alten Kraters. Hätte nun hier der Ausfluß der Lava nach dem innern Kessel zu stattgefunden oder längere Zeit angedauert bis zur Ausfüllung des großen Kraters zu einer solchen Höhe, daß die Lava den Rand des innern Kraters überströmt hätte, so würde sie sich in den innern Kessel ergossen, ihn bei genügender Menge ausgefüllt und schließlich ganz verdeckt haben, ohne daß eine Spur angezeigt hätte, daß hier einstmals ein innerer Kessel von ungeheuerer Mächtigkeit vorhanden gewesen sei. Auch die Lava dieses Stromes ist nicht sehr alt, da sie noch keine Spur einer Vegetation aufweist. Etwas bewachsen mit Erikabüschen von Armesdicke ist nur die Mitte des großen Kraters, die etwas erhabene Grenze zwischen Nord- und Südhälfte.

Der Rand des großen Kraters fällt derartig steil nach innen ab, daß er wohl kaum ersteigbar sein dürfte, mit Ausnahme der passierten Stelle, die durch Abbröckeln einzelner Felsstücke zugängiger geworden und auch von Natur etwas niedriger als die übrigen Partien ist. Im allgemeinen dürfte die Steilwand des großen Kraters eine Höhe von etwa 100 bis 130 *m* besitzen. Die Wände sind überall aus feinkörnigem, dunkelblauem Basalt gebildet, der eine ganz außer-

ordentlich große Härte besitzt, aber niemals in Säulen angeordnet, sondern in großen Schichten mächtiger Bänke aufgebaut ist.

Der ganze Westabhang des Vulkanes ist mit verhärteter Asche, wohl von ungeheuern Schlammströmen herrührend, überdeckt, die von Laien stets für Sandstein gehalten wird. Sie hat ein lehmiges Aussehen, ist ziemlich hart und läßt eine Anzahl kleiner Körnchen, darunter auch schwarze Lavabrocken erkennen, die fest miteinander verkittet sind. Die Dicke der Schicht beträgt für gewöhnlich nur 10 bis 30 *cm*. Vielfach läßt sich erkennen, daß sie neuern Ursprunges sein muß, da sich häufig unter ihr eine starke Humusschicht findet."

Mohéli liegt etwa 12 Meilen südöstlich von Groß-Comoro, hat nahezu die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks und eine größte Länge von 26 bei einer größten Breite von 18 *km*. Vom Meere aus gesehen, erkennt man eine der Süd- und Ostküste folgende, die ganze Insel durchziehende Bergkette mit scharfen Graten und Spitzen, deren Hauptpunkt etwa im Zentrum der Insel liegt und eine Höhe von 650 *m* besitzt. Der Hauptkette angelagert findet sich eine Anzahl nach der See zu niedriger werdender Berge, die von der Hauptkette ausstrahlen und voneinander durch tiefe Täler geschieden sind.

Anjouan liegt etwa 9 Meilen östlich von Mohéli. Das Zentrum der Insel nimmt der Cercle de Bombao ein, wahrscheinlich der ursprünglich Krater, von dem ausstrahlend die Gebirgsketten nach den Spitzen der die Form eines Dreieckes besitzenden Insel sich hinziehen. „Er hat riesige Dimensionen, etwa 4 bis 5 *km* im Durchmesser. Seine Wände steigen an vielen Orten fast senkrecht empor. Der Boden des Kraters liegt im Durchschnitte in etwa 500 *m* Höhe ü. d. M., während sie die Wände bis zu 1000 bis 1200 *m*, in einzelnen Spitzen selbst bis zu 1500 *m* erheben. Der Krater ist allseitig geschlossen, mit Ausnahme der Nordostseite, wo der Durchbruch nach dem Meere erfolgte. Gebildet werden die Berge zum Teile aus Basalten, aber ohne säulenförmige Anordnung, jedoch vielfach durch Feuer umgewandelt und häufig überlagert von mächtigen Schichten verfestigten vulkanischen Schlammes. Die Abhänge der Berge sind sehr steil und besitzen oft eine Neigung von 45° und mehr, sind aber fast überall dicht bewaldet. Die Grate sind sehr schmal, die Bergrücken oft nur 1 bis 2 *m* breit, was sich auch auf Mohéli überall beobachten läßt.

Der Boden des Kraters ist nicht ganz eben, sondern besonders im südlichen Teile mit kleinen Höhen besetzt. In der Mitte der südlichen Hälfte scheint sich ein kleiner innerer Krater erhoben zu haben, dessen höchste Spitze jetzt durch ein kleines Wohnhaus gekrönt ist."

Mayotte besitzt 9 Meilen Länge bei 1 bis 5 Meilen Breite. „Auch sie ist vulkanischer Bildung, jedoch ist sie von einem riesigen Kranze von Riffen umgeben, der einen nur an ein paar Stellen durchbrochenen schützenden Ring um die Hauptinsel und eine Anzahl kleinerer Inselchen bildet. Innerhalb desselben bleibt das Meer auch bei

stürmischem Wetter verhältnismäßig ruhig und bietet genügende Wassertiefe, um auch größern Schiffen freie Fahrt zu gestatten.

Auf der Ostseite schließt sich das Riff direkt an die etwa 13 *km* im Umfange besitzende Insel Pamanzi, die durch einen künstlichen Damm mit dem Felseneilande Dzaoudzi, dem Sitze des Gouvernements und der Beamten, verbunden ist.

Der Reisende hat nur das große Außenriff auf der Nordostseite besucht. Bei gewöhnlicher Ebbe nur teilweise entblößt, läuft es bei tiefer Ebbe auf einer Breite von 1 bis 2 *km* trocken. Die Innenseite steigt ganz allmählich aus der überhaupt nicht sehr tiefen Bai zwischen Festland und Riff an, läßt zuerst Sandboden erkennen, der hier und da mit Seegras bewachsen ist, bis schließlich vereinzelt Korallenflecke auftreten, die nach und nach an Größe und Zahl zunehmen; jedoch wird niemals ein zusammenhängender Korallengarten gebildet, sondern stets bleiben dazwischen einzelne Stellen unbedeckt und zeigen den sandigen Boden.

Die äußere, der See zugewendete Seite des trocken laufenden Riffes ist absolut tot. Auf ½ *km* ist der Boden aus ödem Trümmermateriale gebildet, aus abgerundeten, bis faustgroßen Knollen, die vielfach aus Kalkalgen bestehen oder mit ihnen überzogen sind, und ganz eben, ohne brunnenartige Vertiefungen. Nach dem Meere zu senkt sich das Riff allmählich.

Die innere Hälfte de Riffes ist der Hauptsache nach aus Madreporenstöcken gebildet, auf weite Strecken rasenartig angeordnet mit senkrecht emporstehenden Zacken, die, unter den Füßen zusammenbrechend, das Begehen dieser Riffpartien zu einer wahren Qual gestalten. Doch auch hier sieht man überall in den Lücken den weißen Sand hervorleuchten, die ich bis auf ½ *m* Tiefe nachgegraben habe, ohne darunter festen Boden zu finden.

Bemerkenswert ist, daß ein großer Teil der lebenden Korallen auf den Trümmern aufgebaut, auf losen, abgestorbenen Stücken aufgewachsen ist und sich ohne Mühe aufheben läßt. Von einer allgemeinen Verfestigung ist nur stellenweise etwas zu bemerken.

Weiter nach der Landseite zu wird dann der Aufbau des Riffes lockerer; neben Strecken von Madreporenrasen finden sich offene Stellen von ½ bis 1 *m* Tiefe mit sandigem Boden, so daß man auf diesem sandigen Boden oftmals weite Strecken zwischen den lebenden Korallen zurücklegen kann, dabei bis zum Bauche im Wasser watend. Es erweckt ganz den Anschein, als stellten diese sandigen Stellen die Grundlagen der Riffe dar, an denen aufbauend dann dasselbe um etwa 1 *m* erhöht wurde.“

Wie die Bildung des großen Riffes um Mayotte zu erklären sei, läßt Voeltzkow dahingestellt sein. „Am einfachsten,“ sagt er, „wäre es, sich vorzustellen, daß wir in dem großen Außenriffe die Grundlage eines alten Kraters von Riesendimensionen vor uns hätten, also eine ringförmige Hebung des Meeresbodens zu geringer Höhe über der

Meeresoberfläche oder auch häufig nur dicht an dieselbe heranreichend. Für derartige Hebungen alten Meeresbodens bietet ja die Insel Pamanzi ein gutes Beispiel.

Es müßte dann später eine Senkung oder allgemeine Landzerstörung vorliegen, was man auch auf Mayotte überall beobachten kann. Im kleinen sind diese Verhältnisse schon zu beobachten in der Bai zwischen Pamanzi und dem Festlande.

Ob nun auf dem großen Riffe eine spätere Senkung vorliegt, so daß erst vor kurzem eine Besiedlung mit Korallen hat erfolgen können, oder eine verhältnismäßig rasche Hebung, so daß es nicht zur Ausbildung eines Riffes von beträchtlicher Dicke kommen konnte, darüber könnte erst eine spätere eingehende Untersuchung vielleicht Aufschluß geben."

Im Gebiete des nordöstlichen Außenriffes liegt die Insel Pamanzi mit ihrem großen Krater, welche der Reisende zweimal besuchte. „Der am Nordostende der Insel gelegene Vulkan besitzt eine Höhe von etwa 60 *m* und ist gleichfalls völlig aus diesem weißen Kalke aufgebaut, der an der Oberfläche etwas verhärtet. Der äußere Abhang sowohl wie der Rand des Vulkanes sind nackt, nur hin und wieder spärlich mit Gras bestanden; ebenso ist die Innenseite fast ohne Vegetation. Vom Rande aus bietet sich eine prachtvolle Aussicht in den Krater mit seinem grünlich schimmernden See, der früher größer gewesen zu sein scheint, da sich nach Süden an ihn eine jetzt mit Bananen bestandene Ebene anschließt."

Die neu entstandene Insel bei Borneo. Carl Schmidt berichtet hierüber folgendes: [1])

Die geographische Lage derselben ist 115° 21′ östl. Länge v. Gr. und 5° 20′ 30″ nördl. Breite. Bei meinem Besuche am 5. September 1897, also zwei Jahre nach dem Ereignisse, zeigte sich folgendes: Etwa 50 *m* von der Küste entfernt erhob sich etwa 20 *m* hoch eine in Ostwestrichtung ca. 150 *m* lange und von Nord nach Süd ca. 140 *m* breite Insel. Gegen Westen, also gegen das brandende, offene Meer zeigte dieselbe einen Steilabsturz von ca. 5 *m* Höhe. Die ganze Insel bestand aus lose zusammengehäuftem Materiale, entstammend den Schichten des Tertiärs. Auf der Oberfläche der Insel lagen Blöcke von Korallenkalk und von mit Austern besetztem Sandsteine. Ungefähr in der Mitte der Insel erhob sich ein aus verhärtetem Schlamme bestehender Kegel mit einer kraterartigen Vertiefung. Der Steilabsturz gegen die Seeseite wurde durch den Anprall der Wellen fortwährend unterminiert, und ich weiß nicht, ob heute überhaupt von der Insel noch etwas vorhanden ist. Über die Entstehung der Insel ist mir von Augenzeugen berichtet worden, und in der Literatur finden wir einige Angaben darüber. Am Nachmittage des 21. September stiegen mit großer Heftigkeit Gasblasen aus dem seichten Meeresgrunde auf; Schlamm folgte nach, untermischt mit Gesteinsblöcken, wie sie auf dem Meeresgrunde lagen. Zuerst scheint einfach der Meeresgrund emporgewölbt worden zu sein, dann wurden aus größern Tiefen die durchweichten Schichten des tertiären Untergrundes emporgepreßt. Auf dem höchsten Teile der emporgewachsenen Insel bildete sich ein förmlicher Schlammkrater, 20 *m* im Durchmesser messend.

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik **7**. p. 128

In der Nacht vom 21. auf den 22. September nahm die Insel immer noch an Umfang zu. Der Seegrund muß sich sehr rasch gehoben haben, denn man fand am 22. September in Tümpeln auf der neuen Insel noch lebende Seefische. Aus den vielen Spalten und Löchern strömte Gas aus, das entzündet lebhaft brannte; ein starker Gasgeruch machte sich bemerkbar. Eingepreßt zwischen den Gesteinstrümmern fand sich eine weiche wachsartige Substanz, an Ozokerit erinnernd, wie solches auch in den ölführenden Schichten von Labuan gefunden wird. Sechs Monate nach dem Auftauchen der Insel strömte noch Gas aus ihrem Grunde. Bemerkenswert ist es, daß in unmittelbarer Nähe der Insel während ihres Emporwachsens kein Erzittern des Erdbodens wahrgenommen worden sein soll. Die ursprüngliche Länge der Insel wird zu 250 *m* angegeben, wohl 100 *m* hatten somit die Brandungswellen in Zeit von zwei Jahren weggespült.

Während auf der Kliashalbinsel selbst von einem die Eruption begleitenden Erdbeben nichts bemerkt worden sein soll, erhalten wir nun die Nachricht von einem großen Erdbeben, das am 21. September von der Philippineninsel Mindanao ausging und auch in Europa registriert worden ist. Da in Kudat in Nordostborneo sowohl, als auch in Labuan dieses Erdbeben verspürt worden ist, wurde sofort die Entstehung der „Neuen Insel" damit in Verbindung gebracht.

Über die Erscheinung des Erdbebens vom 21. September 1897 auf Nordborneo erhalten wir folgende Daten: 1. In Sandakan (Nordostborneo) und im Gebiete der Flüsse von Kinabatangan, Labuk und Sugut wurden $1^m 10^h$ p. m zwei Stöße verspürt. Die Wände von Häusern fielen ein, die Kirchenglocken schlugen an, und im Erdboden entstanden enge Risse. 2. In Kudat (Nordostborneo) beobachtete man mehrere getrennte Stöße von Ost nach West, 15 Sekunden andauernd um 1 p. m. 3. Etwa vier Meilen südöstlich der kleinen Insel Balundangan, die am Ostufer der größern Insel Banguey an der Nordspitze Borneos liegt, war, wie Eingeborene, die nach Kudat zu den „Charter day's sports" kamen, berichteten, ebenfalls eine neue Insel am 21. September entstanden. R. M. Little hat späterhin diese Insel besucht. Dieselbe erhebt sich aus ca. fünf Faden tiefem Meere, ist etwa 100 *qm* groß und ragt 1 *m* über Niveau des Hochwassers. Die Hauptmasse der Insel ist ein weißlich grauer Ton, ihre Oberfläche ist bedeckt von großen Blöcken eines harten Sandsteines und von Korallenkalk, die mit kleinen Austern besetzt sind. Das Auftauchen der Insel soll von zwei Meereswogen begleitet worden sein, die nordwärts über die See sich wälzten; Sturm und rollendes Geräusch wurden gleichzeitig wahrgenommen. 4. In Labuan wurde die Entstehung von Rissen in den Wegen und das Anschlagen der Glocken beobachtet.

Entsprechend der gegebenen Auseinandersetzungen erscheint nun der Mechanismus der Entstehung der „Neuen Insel" bei Labuan sehr einfach. Zwischen den steilstehenden Mergel- und Sandsteinschichten in der Achse der „offenen" Antiklinale hatte sich eine schlammige Masse mit Naphtha, Ozokerit und Gas vermischt angesammelt, das Reservoir eines Schlammvulkanes. Die seismische Erschütterung trieb am 21. September 1897 diese Masse in die Höhe, und der Grund des seichten Meeres wurde mit emporgerissen. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, daß auch die zweite bei Bangueyinsel am selben Tage erschienene Insel ähnlichen Ursachen ihre Entstehung verdankt. Nach der Darstellung von P. José Coronas gehört Labuan zur äußersten sechsten Zone der Erdbebenstärke (perceptible), Nordostborneo gehört der vierten und fünften Zone (regular und ligero) an. Ebenfalls zur peripherischen Zone der Erdbebenwirkung haben wir Nordcelebes zu rechnen, wo nach S. Figee eine „lichte horizontale aardbeving" wahrgenommen wurde.

Der eingehenden Beschreibung von P. José Coronas entnehmen wir, daß am 21. September 1897 auf den Philippinen zwei Erdbeben stattfanden, das erste, mit dem Zentrum Dapitan an der Nordküste von Mindanao, begann $3^h 20^m$ (in Manila registriert: 20. September 20^h 9.1^m M. E. Z.), das zweite, viel

stärkere Beben ging von Zamboanga an der Südwestspitze von Mindanao aus und begann 1^h 17^m p. m. (in Manila registriert: 21. September 6^h 13.7^m M. E. Z.).

Hinsichtlich der Äußerung der beiden Beben auf den Philippinen und den Suluinseln verweise ich auf die Darstellung von P. Coronas, erwähne nur, daß bei dem zweiten Beben, 1^h 17^m p. m., in Zamboango, die meisten Häuser einstürzten, und daß eine Erdbebenflutwelle über die Küsten von Zamboanga, Basilan und Jolo hereinbrach. Die Oberflächengeschwindigkeit des Bebens ergibt sich zu 2.4 *km* pro Sekunde, da die Erschütterung die Strecke von Zamboanga nach Manila, 852 *km*, in 6 Minuten zurückgelegt hat

Über die Registrierung des Bebens in Batavia, in Bombay, auf den meisten europäischen Stationen berichten P. Coronas, G. Agamennone und E. Rudolph. Das Beben wird zu einem typischen Fernbeben. Agamennone findet die Geschwindigkeit der Erdbebenwelle, d. h. die mikroseismische Fortleitung des makroseismischen Erdbebenstoßes, zu 15 bis 30 *km* per Sekunde.

Die in diesen Zeilen dargelegte Abhängigkeit der Tätigkeit von Schlammvulkanen von Erderschütterungen, wodurch bei submariner Lage der Schlammsprudel plötzlich kurzlebige Inseln „Schlammvulkaninseln", entstehen können, ist eine sehr verbreitete Erscheinung. A. v. Lasaulx stellte für die Schlammvulkane von Paterno am Etna den Satz auf, daß ihre Eruptionen nur dadurch entstehen, daß unter dem Drucke der durch eine Erderschütterung bewegten und dislozierten Schichten die aufgelösten und gelockerten Schichtenteile mit dem Quellwasser emporgequetscht werden.

Ganz ähnlich wie unsere „Neue Insel" ist die Insel Kumani am 7. Mai 1861 im kaspischen Meere bei Baku entstanden, während einer Periode starker seismischer Erregung. Schon im November 1861 war die Insel wieder bis unter Meeresniveau abgetragen. H. Abich hat es wahrscheinlich gemacht, daß dieselbe aus der Scheitelregion einer N 35° W streichenden Antiklinale hervorbrach.

Aus dem malayischen Archipel erwähnt A. Wichmann einen ähnlichen Fall der Beeinflussung von Schlammquellen durch Erderschütterungen. Infolge eines Erdbebens am 13. Mai 1857 geriet der in der Provinz Bibiluto auf Timor gelegene Schlammvulkan in lebhafte Erregung.

Ein sehr interessantes Gebiet von Schlammvulkanen in petrolführenden Tertiärschichten finden wir in Burma einerseits auf den Inseln Ramri und Cheduba an der Küste des Meerbusens von Bengalen und anderseits im Tale des Irawadi in Rangoon. R. D. Oldham (Geology of India, p. 21) erwähnt, daß die Eruptionen der Schlammvulkane anscheinend in unregelmäßigen Intervallen und häufig gleichzeitig mit Erdbeben eintreten. An der Küste von Ramri finden solche Eruptionen im Meere statt, und in einem Falle entstand so in der Nähe von False Island, südlich von Ramri und südöstlich von Cheduba eine kleine Insel, die bald wieder weggewaschen wurde."

Die Insel Simalur, nahe der Westküste Sumatras, schildert auf Grund eigener Anschauung L. C. Westenenk.[1]) Sie ist von SO. nach NW. etwa 100 *km* lang, die Breite schwankt zwischen 9 und 26 *km*. Sie ist ungemein fruchtbar, indes fast noch ganz von Urwald bedeckt, der die kostbarsten Hölzer liefern könnte. Auch hier begegnen wir neben andern Sagen über die Herkunft der Einwohner der in Indonesien häufigen Überlieferung von der Abstammung von einer — hier menangkabauischen — Frau und einem Hunde. Jedenfalls ist die Bewohnerschaft mit menangkabauischem, atjehschem und niassischem Blute versetzt. Die Bevölkerungszahl dürfte auf

[1]) Tijdschrift van het kon. Aardrijkskundig Genootschap 1904. Heft 1.

6000 bis 7000 zu schätzen sein. Die Sicherheit auf der Insel scheint groß zu sein, die Häuser und Ortschaften sind auch nicht umzäunt; Vergehen sind selten. Die einheimische Schiffsbaukunst ist gut entwickelt, doch die Leute zu jeder Arbeit zu faul, auch der geringe Landbau wird sehr vernachlässigt. Besonders ausgezeichnet ist die Insel durch ihren Reichtum an Büffeln. Sehr ausführlich ist die Geschichte der Insel dargestellt. Die Beschreibung der Küsten im besprochenen Aufsatze, dem eine Karte der Insel im Maßstabe von 1 : 600 000 beigegeben ist, ist vorwiegend dem „Zeemansgids" entnommen.

Saipan, die Hauptinsel der deutschen Marianen, schilderte H. Seidel.[1]) Wie eine vorläufig nur handschriftlich vorhandene Triangulationskarte, aufgenommen durch den kaiserlichen Bezirksamtmann Fritz, zeigt, erstreckt sich Saipan schmal und lang mit vielgezackter Uferlinie hauptsächlich von Nordnordost nach Südsüdwest. Etwa in der Mitte erfährt es eine plötzliche Verbreiterung, da hier eine nicht unerhebliche Bergkette auftaucht, deren höchste Spitze erst bei 466 *m* abbricht. Das ist der früher fast allgemein als Vulkan bezeichnete Tapochao, der aber wahrscheinlich, wie die Insel überhaupt, nur aus gehobenem Madreporenkalke besteht. Denn Saipan gehört mit Guam, Rota, Aguigan, Tinian und Medinilla zur südlichen Marianengruppe, die bis zu den Gipfeln hinauf mit korallinen Bildungen bedeckt ist. Darunter wird allerdings ein Eruptivkern angenommen, obschon dessen Dasein zurzeit noch nicht einwandfrei nachgewiesen ist. Die nördliche Gruppe oder das Reich „Gani", wie es die alten Bewohner nannten, setzt sich dagegen völlig aus vulkanischen Massen zusammen. Die Berge steigen kegelförmig bis zu 500 und 800 *m* empor, sind in einen Mantel von Laven, Aschen und Schlacken gehüllt, und mehrere ihrer Krater befinden sich fast unausgesetzt in lebhafter Tätigkeit. Der Archipel hat daher häufig von Erdbeben zu leiden, die nicht bloß die hohen Inseln heimsuchen, sondern bisweilen auch auf der südlichen Reihe, wo man größern Erdfrieden vermutet, in heftiger Weise auftreten.

Der Boden Saipans steigt bereits am Nordgestade ziemlich rasch zu einzelnen Bergen auf. An diese schließen sich weitere Erhebungen an, die zu der schon erwähnten Querkette leiten, jenseits welcher eine allmähliche Abflachung zur Küstenebene und dem sandigen Strandgürtel eintritt. Das Ackerland wird als im ganzen fruchtbar gerühmt, obschon es nur wenig tiefgründig ist. Der Ufersaum eignet sich namentlich für Kokosplantagen, für deren Gedeihen die Seeluft und auskömmliche Niederschläge sichere Gewähr bieten. Weiter binnenwärts tritt rötlicher Lehm auf, der im Gebirge in ein dunkles, nur teilweise steiniges, sehr humoses Erdreich übergeht. Da sich die Erhebungen aus korallinem Kalke zusammensetzen, so

---

[1]) Globus **85**. p. 278.

darf uns das Vorkommen von Höhlen oder Grotten nicht wundernehmen. Solche besitzen auch Tinian und Rota, wo sie schon den alten Chamorro als schützendes Asyl bei Unwetter oder Verfolgung dienten. Auf Saipan dagegen scheinen sie hauptsächlich Begräbnisstätten gewesen zu sein.

Die Karolinen. H. Seidel besprach kritisch die neuen Seekarten des Deutschen Reichsmarineamtes dieser Inseln [1]) und machte über einzelne Inseln genauere Mitteilungen. „Eines der bemerkenswertesten Glieder im ganzen Karolinengürtel ist das Pseudoatoll Ruk oder Truk, eigentlich ein vulkanischer Archipel im kleinen, der von einem weit ausgerückten Wallriffe umschlossen wird. Der innere Basaltkern ragt mit etwa zwanzig ungleich großen Brocken von verschiedener Höhe über die Lagune empor. Da die Spitzen mehrfach bis 300 *m* ansteigen, einmal sogar über 400 *m*, so ist es erklärlich, daß die anscheinend gleichmäßig begrünten Kuppen und Kegel innerhalb der belebten Wasserfläche einen äußerst malerischen Eindruck machen. Der Ackerboden ist öfter recht steinig, doch immerhin fruchtbar; denn er ernährt eine für das Gesamtareal der Wohnfläche, das einschließlich der niedrigen Koralleninseln nur 135 *qkm* beträgt, sehr starke Bevölkerung von 12 500 Seelen. Die geräumige, von Riffen durchsetzte Lagune hat Tiefen zwischen 40 bis 65 *m* und besitzt, über den annähernd fünfeckigen Außenrand gemessen, eine Länge ven 75 *km* bei 60 *km* Breite, ist also zu groß, um im ostelbischen Teile des Königreiches Sachsen Platz zu finden.

Auf Ponape ist der Sitz der deutschen Verwaltung innen am Westrande des wie eine Förde ins Land dringenden Santiagohafens. Letzterer Name kommt jetzt außer Gebrauch und wird durch die Bezeichnung Langar- oder Ponapehafen ersetzt. Langar (Langa) ist eine kleine, rundliche Vorinsel, etwa halbwegs zwischen der Seekante des Außenriffes und dem Bezirksamte. Hier müssen die meisten Schiffe, die ein Regierungslotse hereinholt, gleich westlich der Insel auf 50 bis 52 *m* Tiefe vor Anker gehen. Auf Langar befindet sich eine Handelsstation der Jaluitgesellschaft, die hier ein Kohlenlager und zwei Landungsbrücken unterhält.

„In den Karolinen," bemerkt schließlich der Verf., „liegt für den deutschen Forscherfleiß noch ein großes und schwieriges Arbeitsfeld offen, das nicht nur die höchste persönliche Tatkraft, Umsicht und Kenntnis erfordert, sondern zur Erreichung des gewünschten Zieles auch die Hergabe gewisser Geldmittel unbedingt voraussetzt. Man kann sich daher nicht des Gedankens erwehren, daß das Geld für unsere ziemlich ergebnisarme Südpolarexpedition viel besser und nützlicher angewandt worden wäre, wenn man es zu einer gründ-

---

[1]) Globus **85**. p. 11

lichen Vermessung und Kartierung unserer pazifischen Kolonien, insbesondere Deutsch-Mikronesiens, bereitgestellt hätte.“

Die Insel Mocha an der chilenischen Küste bildet den Gegenstand einer Monographie von C. Reiche.[1]) Diese wenig bekannte Insel wurde am 25. September 1544 von J. B. Pastene entdeckt, doch erst sechs Jahre später betreten. Ein 25 *km* breiter Meeresarm trennt sie vom Festlande, den aber schon die Urbewohner der Insel auf Flößen überschritten haben. Der Rand der Insel ist in einer Ausdehnung von 20 600 *qkm* flach, das Innere aber bedecken Gebirgserhebungen, deren höchster Gipfel Morro Pastene indessen nur 340 *m* Seehöhe erreicht. Nahe der Mitte befindet sich ein kleiner Teich, die Laguna hermosa mitten im Urwalde; sonst gibt es besonders auf der östlichen Seite der Insel mehrere Bäche. Das Klima ist etwas kühl und feucht, aber gesund; Regen fallen zu allen Jahreszeiten.

Das Jaluitatoll ist von Dr. med. Schnee untersucht worden.[2]) Dasselbe liegt in 5° 55′ nördl. Br. und 169° 42′ östl. L. Es bildet die Hauptinsel der zwischen den deutschen Karolinen und den englischen Gilberts liegenden Marshallgruppe und besteht aus einigen 50 Schuttinseln, welche auf dem eine 27 Seemeilen lange, in der Mitte etwa 17 Seemeilen breite Lagune umschließenden Riffe unregelmäßig verteilt liegen. Nach Meinicke sind 55, nach Finsch 58 Eilande vorhanden. „Übrigens kann man jede beliebige Menge herauszählen, da der Begriff Insel hier völlig subjektiv wird. Was dem einen bereits als solche erscheint, ist für den andern vielleicht noch zu unbedeutend, um auf diesen Namen Anspruch machen zu dürfen.

Die Mehrzahl dieser Landbildungen, die einzig und allein aus von den Wellen angeschwemmtem Schutte bestehen, liegt auf der Ostseite des Atolls. Am besten entwickelt, weil eine ununterbrochene Landmasse darstellend, ist die südliche Partie derselben, von Jabor bis Jaluit. Letzterer Name bezeichnete nämlich ursprünglich nur die als Anseglungspunkt wichtige Südspitze, wurde aber später auf die ganze Insel übertragen. Die eigenartige Verteilung der Eilande wird verständlich, wenn man sich die Windverhältnisse und die dadurch bedingte Wellenrichtung in jener Region vergegenwärtigt.

Die Tiefe der Lagune beträgt nach der neuesten Angabe (Agassiz) 18 bis 25 Faden. Das Riff, das für gewöhnlich unter Wasser und nur im obern Teile bei Ebbe sichtbar wird, mag etwa 300 bis 400 *m* breit sein, wovon durchschnittlich je ein Drittel auf das Außeninnenriff, sowie auf die Schuttinsel zwischen beiden zu rechnen sein dürfte.

Die einzelnen Eilande erheben sich wenig höher als 1 *m* über die

---

[1]) Anales del Museo nacional de Chile 1903. Heft 16.

[2]) Globus **85**. p. 329.

Hochwassermarke. Ihre Breite scheint zwischen 180 und 20 *m* zu schwanken. Die Breite des dortigen Außenriffes beträgt nach seemännischer Schätzung über 100 *m*. An der Lagunenseite lassen sich die Verhältnisse infolge der heftigen Strömung nach der Passage hin, mehrerer Piers, sowie eines längs des Ufers dahinziehenden, erhöhten Weges schlecht taxieren. Das Riff ist jedenfalls schmaler als außen, bildet jedoch an einer Stelle einen langen, nasenförmigen Vorsprung in das Innere des Beckens hinein. Ein bei Ebbe hervortretender Strand ist kaum vorhanden.

Das Außenriff erhebt sich steil aus großen Meerestiefen. Seine sanft nach dem trockenen Lande zu ansteigende Oberfläche ist durch die Wogen geglättet und daher frei von größern Unebenheiten. Sie führt den Namen der Strandebene oder -terrasse. Mit Ausnahme ihres untersten Gürtels, der beständig unter Wasser bleibt, entspricht sie dem Gebiete von Ebbe und Flut. Der seewärts gerichtete Abhang des Riffes bis zu einigen 30 *m* hinab besteht aus lebenden Korallen.

Wie der Innenstrand und das Riff, so ist auch der Boden der Lagune meist mit Sand bedeckt. Auf ihm liegen mächtige, schwarze Blöcke, welche Stürme vom Riffe aus in die Tiefe schleuderten, nachdem sie sie vom Außenstrande her über dasselbe hinwegtransportiert hatten. An ihnen siedeln sich mancherleiKorallen an und verschönern mit ihren lebhaften Farben das Düster der aus dämmernder Tiefe emporragenden Felsen. Auf den Blöcken nahe am Ufer im seichten Wasser wachsen fast krustenartig niedrig bleibende Stöcke dieser Blumentiere, mit zunehmender Tiefe folgen immer größere und stattlichere, bis schließlich jene an Bäume erinnernden Formen sich einstellen. Auf lockerm Grunde scheinen keine Korallen zu leben, Ausnahmen kommen indessen vor.

Die Schuttmassen, welche die Inseln bilden, sind keineswegs regellos aufgehäuft, sondern bilden niedrige, breite Wälle, die mit dem Außenstrande parallel laufen. Zwischen ihnen befindet sich jedesmal eine Einsenkung, welche an einzelnen Stellen infolge Auseinandertretens der Wälle zu einer mehr oder weniger breiten, seichten Mulde wird, an deren tiefstem Punkte sich ein Brackwasserteich zu bilden pflegt. Der jüngste Wall, das heutige Außenufer der Insel, pflegt der höchste zu sein; von ihm aus fällt das Eiland sanft nach der Lagunenseite hin ab. Dieses geschieht jedoch nicht in einer Geraden, sondern in einer unregelmäßigen Wellenlinie, indem die Wälle ganz allmählich niedriger, und die Vertiefungen zwischen ihnen undeutlicher werden. Bei genauerer Nachforschung lassen sie sich jedoch selbst dicht am Innenstrande noch erkennen, soweit sie nicht durch Wegeanlagen usw. zerstört sind."

Schließlich bemerkt Dr. Schnee, er sei durch seinen Aufenthalt auf Jaluit zu einem überzeugten Anhänger der Darwinschen Senkungstheorie geworden.

Das Atoll von Funafuti. Die schon von Darwin aufgestellte Forderung von Bohrungen auf Korallenriffen bis zu großen Tiefen ist von der Royal Society in London ausgeführt worden, indem eine Expedition unter Leitung des Prof. Sollas zu diesem Zwecke nach dem Atoll Funafuti entsandt wurde. Dieselbe hat ihre Aufgabe vollständig gelöst und die Ergebnisse in einem großen Werke veröffentlicht. Folgendes ist eine kurze Wiedergabe der Hauptresultate.[1]) Im Jahre 1896 wurde bei den Bohrungen nur eine Tiefe von 105 Fuß erreicht, im nächsten Jahre eine solche von 698 Fuß, doch waren die Gesteinsproben zu gering, um sichere Resultate zu liefern. Dafür wurden aber eine sehr detaillierte Karte und geologische Aufnahmen des Atolls erhalten. Im Jahre 1898 wurde eine dritte Expedition entsandt, und dieser gelang es, die Bohrung bis zu 1114.5 Fuß niederzutreiben und 384 Fuß festen Gesteinskern zutage zu fördern. Außerdem wurde in der Lagune ein Bohrloch von 245 Fuß Tiefe erhalten. Es ergab sich, daß das Atoll von der Oberfläche bis zu der erreichten Tiefe Kalkfelsen ist, der von Lithothamion und Halimeda wie aus riffbildenden Korallen besteht. Der unterste Teil ist ein in Dolomit verwandeltes Korallenmaterial. Nach Prof. Davis ist das ursprüngliche Fundament des Atolls wahrscheinlich vulkanischer Natur, aber dieser Kern wurde durch organische Gebilde langsam an seinem Umfange vergrößert; auch müssen Schwankungen der Küste stattgefunden haben. Die Bohrkerne wurden nach England gesandt und in Dünnschliffen von Prof. Judd und Dr. Hinde untersucht. Die Menge der Kalkalgen ist überraschend groß. Oolithische Struktur und Schichtung fehlen, und man findet keine Beimengung von Tiefseeorganismen; dieselben Gattungen und Arten kommen vom Gipfel bis zum Boden des Durchschnittes vor. Ausgedehnte chemische und mineralogische Veränderungen haben in dem Gesteine stattgefunden, seitdem die Korallen lebend waren, und diese Änderungen sind von Prof. Judd und Dr. Cullis im Detail studiert worden. Ein definitiver Schluß über die Entstehungsweise des Atolls wird nicht gezogen, allein alles deutet darauf hin, daß die Befunde zugunsten der Darwinschen Rifftheorie sprechen.

Das Meer.

Schwankungen des Meeresspiegels in der Nähe von New-York. Nach den Untersuchungen von George W. Tuttle, welche sich auf die Angaben des selbstregistrierenden Flutmessers seit 1853 stützen, finden solche Schwankungen in sehr ausgesprochenem Maße statt.[2]) Tuttle findet für dieselben eine durchschnittliche Periode von acht Jahren. Sie scheinen im allgemeinen durch Änderungen des Luft-

[1]) Amer. Journ. of Science **17**. p. 478.
[2]) Amer. Journ. of Science **17**. p. 333.

druckes und den daraus folgenden Änderungen der Windgeschwindigkeiten bedingt zu sein. Diese Schwankungen kompensieren sich im Laufe der Zeit und erzeugen keine kontinuierliche Bewegung in einer bestimmten Richtung. Außer diesen Bewegungen des Meeres zeigen einige Häfen eine mehr oder weniger ununterbrochene Hebung des Meeres in bezug auf das anliegende Land, andere ein Sinken des Meeresspiegels, während noch andere nichts davon zeigen. Letzteres deutet an, daß außer den oben erwähnten periodischen Änderungen das Meer sein Niveau nicht verändert, und daß die relativen Verschiebungen von Landbewegungen herrühren. An verschiedenen Häfen ist die Geschwindigkeit der erwähnten Hebung des mittlern Meeresspiegels nicht konstant geblieben, sondern hat sich bedeutend verändert. Alle Beobachtungen zeigen, daß für lange Perioden die Größe der Änderung kleiner ist als in manchen Teilen dieser Periode, was den Beweis liefert, daß die Bewegung nicht kontinuierlich, sondern oszillatorisch und in enge Grenzen eingeschlossen ist. Die Beobachtungen in New- York City zeigen, daß seit 1875 das Land in bezug auf den mittlern Meeresspiegel um etwa 1.45 Fuß gesunken ist, aber seit der Aufstellung der selbstregistrierenden Flutmesser im Jahre 1853 bis 1875 war wenig oder keine Änderung eingetreten. Es ist unwahrscheinlich, daß die jetzige Stärke des Sinkens unbegrenzt andauern werde.

Beeinflussung der Gezeiten durch Wind und Luftdruck. Eine Hauptaufgabe der Statistik in den Küstengewässern ist die Vorausberechnung der Ebbe und Flut nach Zeit und Höhe. Trotz Verbesserung der Berechnungsmethoden, trotz des Fortschrittes in der Erkenntnis der Gezeitenerscheinung seit Anwendung der harmonischen Analyse auf die Beobachtungsreihen der verschiedensten Küstenplätze weichen die berechneten Zahlen in den Gezeitentafeln von den tatsächlich eintretenden Verhältnissen oft erheblich ab. Besonders für die holländischen Küstenorte ist diese Übereinstimmung noch immer nicht recht befriedigend. Es sind deshalb in der neuesten Zeit besonders von niederländischen Hydrographen Versuche unternommen, eine Korrektionsformel abzuleiten. Theoretiker wie Praktiker sind sich darin einig, daß die Ursache dieses Unterschiedes zwischen Beobachtung und Berechnung der Gezeiten in erster Linie in dem Einflusse des Windes und Luftdruckes zu suchen sei. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse hat F. L. Ortt, Ingenieur v. d. Waterstaat, Korrektionsformeln abgeleitet.

Wegemann gibt[1]) eine kritische Besprechung dieser Formeln, die sich allerdings vorwiegend auf theoretische Erwägungen stützen, und wonach jenen Formeln keine sehr große Bedeutung beizulegen ist. „Schwerlich,“ sagt er, „wird sich eine allgemein gültige Formel

[1]) Annalen der Hydrographie **32**. p. 204.

finden lassen, die selbst nur für zwei benachbarte Küstenorte anwendbar wäre, es sei denn, daß man auf Genauigkeit verzichtet und sich schon mit einer rohen Annäherung begnügt. Denn die Wirksamkeit der Einfluß ausübenden Faktoren wird in letzter Linie von den örtlichen Verhältnissen — Tiefe, Form und Lage der Küstenlinie und Gestalt des Meeresgebietes — am stärksten abhängig sein. Im flachen Wasser werden dieselben Ursachen ganz anders in Wirksamkeit treten wie im tiefen, in engen Buchten anders wie an den offenen ozeanischen Küsten, im Bereiche geschlossener Meeresgebiete anders wie in Randmeeren oder im Weltmeere. Im erstern liegt zunächst noch der Schwerpunkt der ganzen Untersuchung, da die Abweichungen von den berechneten Flutgrößen nur für flaches Wasser von praktischer Bedeutung sind. Für dieses gelten die Orttschen Formeln nicht, wie er ausdrücklich bemerkt; daher ihre allgemeine Anwendbarkeit nicht zweckentsprechend sein wird.

Die Höhe des Mittelwassers bei Ragusa und die Ebbe und Flut im Adriatischen Meere ist von R. von Sterneck behandelt worden.[1]) Er folgert aus der Theorie und den Beobachtungen an verschiedenen Teilen des Mittelländischen Meeres, speziell an der Adria, daß die an den Küsten geschlossener Meere anlangenden Wellen nicht Flutwellen im eigentlichen Sinne, sondern nur Übertragungen, gewissermaßen nur Kopien der über der tiefsten Stelle (des betreffenden Binnenmeeres) erregten Fluten sind. Der südliche Teil des Adriatischen Meeres ist ein beiläufig rundliches Becken, in dessen Mitte sich Tiefen von über 1600 *m* vorfinden. Die Hafenzeiten an den umliegenden Gestaden sind alle nahe gleich vier Stunden. Nach Norden pflanzt sich die durch die zentrale Erhöhung der Meeresfläche erregte Welle mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 60 *km* fort, für Triest ist die Hafenzeit 9.5, für Venedig 10.5 Stunden. Die mittlern Fluthöhen nehmen im Adriatischen Meere gegen Norden im allgemeinen zu, weil das Meer seichter wird, von 0.3 *m* bei Ragusa auf 0.6 *m* in Triest.

Eine allgemeine Karte der Meerestiefen. Hierüber machten J. Thoulet und Ch. Sauerwein der französischen Akademie der Wissenschaften folgende Mitteilung: Der im Jahre 1899 in Berlin abgehaltene Geographenkongreß setzte eine internationale Kommission für die Benennung der Südozeane ein, mit dem Auftrage, eine verbesserte Karte der Meerestiefen spätestens bis zum folgenden Kongresse in Washington am 8. September 1904 fertig zu stellen und zu veröffentlichen. Diese Kommission, der deutscherseits die Professoren Supan und Krümmel angehören, tagte am 15. und 16. April in Wiesbaden unter Vorsitz des Fürsten Albert von Monaco und billigte einstimmig den vom Professor Thoulet vorgelegten Plan, nach welchem die nun-

[1]) Mitteil. d. k. militär. geogr. Jahresber. Wien 1904.

mehr fertig gestellte Karte unter Leitung von Sauerwein ausgeführt ist. Die im Maßstabe von 1 : 10 000 000 ausgeführte Karte besteht aus 24 Blättern. Die Polargegenden von 72 bis 90° Breite sind in gnomonischer Projektion ausgeführt auf einer die Pole tangierenden, den Breitenkreisen parallelen Ebene. Diese beiden Projektionen sind in je vier Blätter geteilt, die die Quadranten von 0°, 90° O, 180° und 90° W Länge umfassen. Zwischen 72° Nord- und Südbreite ist für die Darstellung die Merkatorprojektion auf eine den Äquator tangierende, der Erdachse gleichgerichtete Ebene gewählt. Die einzelnen Blätter erhielt man, indem die Projektion längs der Meridiane 0°, 90° O, 180°, 90° W zerschnitten und diese Stücke wieder senkrecht dazu längs der Breitenparallele 0°, 47° N und S geteilt wurden, also zusammen 16 Blätter. Eine besondere Bezeichnungsweise gestattet nicht allein jedes Blatt dieses 1 : 10 000 000 hergestellten Atlasses zu benennen, sondern auch jedes Blatt, das etwa durch Verzehnfachung oder wiederholte Verzehnfachung von den ursprünglichen abgeleitet wird. Die Karte, im Juni 1903 begonnen, heute vollendet, weist die bis zum Juli erhaltenen Tiefenangaben nach. Die Isobathen sind für 200, 500, 1000 *m* und von da an von 1000 zu 1000 *m* bis 9000 *m* ausgezogen und nach den ausführlichsten Admiralitätskarten der verschiedenen Länder geprüft. Dank den Angaben der betreffenden Marinebehörden und Kabelgesellschaften steht die Karte vollständig auf der Höhe der Zeit, sie gibt für gewisse Meeresteile wertvolle Aufschlüsse über die Bodengestaltung und zeigt für andere, weniger erforschte, wo die Lotungen zukünftiger Tiefenforschung einzusetzen haben.

Die Tiefenverhältnisse der nordpolaren Meere sind Gegenstand der Darstellung E. Nansens in dem neuesten Bande seines wissenschaftlichen Werkes über die Expedition der „Fram". [1]) Von dieser wichtigen Arbeit gibt Prof. Schott eine kritische Darstellung des Hauptinhaltes, der das folgende entnommen ist:

Das Material über die Tiefenverhältnisse, welches zur Behandlung kommt, beruht auf Nansens eigenen Messungen und aller sonst vorhandenen bathometrischen Ergebnisse in den nordpolaren Gewässern. Nach der Darlegung der tatsächlichen Verhältnisse an der Hand von Karten geht Nansen zu theoretischen Betrachtungen bezüglich der Entstehungsweise der vorhandenen Bodenformen über. Dabei behandelt er in erster Linie den sogenannten S c h e l f. Mit diesem Namen wird derjenige Teil des Kontinentalrandes bezeichnet, der sich von der Grenze der dauernden Meeresbedeckung ganz allmählich in der Regel bis 100 Faden oder 200 *m* Tiefe senkt und dann

[1]) The bathymetrical features of the North Polar Sea. Christiania 1904. Ausführl. Ref. darüber von Prof. Schott in Annalen d. Hydrographie **32.** p. 458.

plötzlich in einen steilen Abfall übergeht, wie z. B. der britische Schelf, der Schelf der Neufundlandbank usw. (englisch „Shelf“, französisch „Socle“ oder „Plateau continental“). Es ist also dasjenige Meeresgebiet, welches man sonst vielfach als „Kontinentalstufe“ bezeichnet, an deren Außenkante das wahre Ende der Kontinente zu suchen ist, oder welches man auch allgemein „Flachsee“ nennt, ein Ausdruck, gegen den allerdings mit Recht immer eingewendet worden ist, daß es ausgedehnte Flachwasserzonen gibt, denen der Charakter der „Kontinentalstufe“ oder des „Schelfs“ nicht zukommt.

Was zunächst das nordpolare Becken anbelangt, als welches man die von den Nordküsten Nordamerikas über den Pol hinweg bis zu dem sibirischen Schelf einerseits und von Spitzbergen bis zur Beringstraße anderseits sich ausdehnenden Gewässer bezeichnet, so gelten von ihm nach Nansen folgende Sätze:

„Es ist ein tiefes Becken (Tiefen bis zu 4000 *m*); von dem Barentsmeere ist es durch einen fortlaufenden unterseeischen Rücken getrennt, welcher geringere Tiefen als 220 *m* besitzt und von Nowaja Semlja nach Kaiser Franz Josefland und nach Spitzbergen sich erstreckt. Erheblich tiefer ist das Meer zwischen Spitzbergen und Nordostgrönland, doch scheint auch hier eine relativ seichte Schwelle unter rund 81° nördl. Br. westöstlich zu ziehen (bisher geringste Tiefen 475 und 786 *m*). Jedenfalls setzen sich die großen Tiefen des nordpolaren Beckens nicht ununterbrochen in diejenigen des norwegischen Nordmeeres (zwischen Ostgrönland, Island und Norwegen) fort, was von wesentlicher ozeanographischer Bedeutung ist. Denn ein ungehinderter Wasseraustausch zwischen den beiden Tiefbecken ist dann unmöglich, und in der Tat läßt das Bodenwasser beider Becken erhebliche Unterschiede erkennen. Im norwegischen Nordmeere ist die Bodentemperatur — 1° bis — 1.2°, zwischen Spitzbergen und Grönland sogar — 1.3° und — 1.4°, der Salzgehalt beträgt 35.06 bis 35.29‰. Im nordpolaren Becken, wo man noch niedrigere Bodentemperaturen erwarten sollte, liegt die Temperatur des Bodenwassers durchweg schon bei 0 bis — 0.8°, und der Salzgehalt beträgt etwa 35.3‰; dies Bodenwasser kann also nicht, oder mindestens nicht unmittelbar, aus dem norwegischen Nordmeere stammen. Da nun die das Bodenwasser des nordpolaren Beckens überlagernden Wasserschichten wärmer sind als das Bodenwasser selbst, so entsteht die Frage: Woher stammt die niedrige Temperatur des nordpolaren Bodenwassers? Der einzige Ausweg, den auch Nansen annimmt, ist der, daß das Bodenwasser irgendwo in den noch unbekannten Teilen des nordpolaren Beckens an der Oberfläche gewesen und dort bis auf — 0.8° abgekühlt worden sein muß, daß also große, tiefe Meeresgebiete nahe am Pole vorhanden sein müssen, in denen die wärmern Zwischenschichten fehlen. Entlang dem Wege der „Fram“ hat man Andeutungen von solchem ozeanographischen Wärmeprofile nicht gefunden; folglich muß eine solche Wärmeanordnung auf der amerikanischen Seite des Beckens vermutet werden, und daraus folgt endlich die Forderung, daß das nordpolare tiefe Becken viel größere Flächen einbegreift, als wir bisher durch die „Fram“-Messungen kennen, daß also auch die Gebiete im Norden von Alaska und im Norden der arktisch-nordamerikanischen Inselwelt wirkliche Tiefseegebiete sind. Wie weit der Kontinentalrand nördlich vom amerikanischen Archipel und nördlich von Grönland reicht, ist unbekannt; da aber Nordgrönland, Grinelland und das von Sverdrup entdeckte Axel Heibergland vergleichsweise hoch sind, so ist nach den sonstigen morphologischen Analogien wahrscheinlich, daß hier die Tiefsee ziemlich nahe liegt; Amund Ringnes- und Ellef-Ringnesland, ferner Prinz Patrick- und Melvilleinseln sind niedrig, daher mögen dort ausgedehntere Flachseegebiete nach Norden hin vorhanden sein. Ob wir die nördlichsten Teile des festen Landes

überhaupt schon kennen, kann man unmöglich heutzutage sagen; die Möglichkeit von noch unbekannten Inseln im äußersten Norden ist nicht zu leugnen, aber nach den ozeanographischen Verhältnissen ist anzunehmen, daß solchen Inseln, wenn sie überhaupt vorhandan sind, keine große Ausdehnung zukommt."

Was nun die Bodenbeschaffenheit des nordpolaren Beckens betrifft, so ist in den Grundproben der ungewöhnlich geringe Betrag an Resten organischen Ursprunges in erster Linie auffällig. In den meisten Fällen war es schwierig, überhaupt Reste von Foraminiferenschalen oder von andern Organismen zu finden. Der größte Prozentsatz an kohlensaurem Kalke wurde mit 5% in einer Bodenprobe von 83° 24' nördl. Br. und 102° 14' östl. Länge festgestellt; im übrigen schwankte der Gehalt an $CaCO_3$ zwischen 1 und 3%. Nach den mehrere hundert Proben umfassenden Analysen seitens der „Challenger"-Expedition stellt sich der Durchschnittsgehalt der Tiefseeerden an Kalkkarbonat, welcher mit zunehmender Tiefe abzunehmen pflegt, für die offenen Ozeane bei 3000 *m* auf etwa 70%, bei 3500 *m* auf etwa 62%, bei 4000 *m* auf etwa 51%.

Globigerinenschlamm besteht im allgemeinen zu 64% aus Kalkkarbonat; Diatomeenschlamm enthält davon trotz seines Charakters als Kieselerde immer noch etwa 23%. Die Armut des nordpolaren Meeresbodens an Resten kalkschaliger Organismen ist also außerordentlich groß; steht aber nach Nansen im Einklange mit der Armut der Meeresoberfläche an organischem Leben, welche Armut ihrerseits dadurch erklärlich wird, daß die Meeresoberfläche jahraus jahrein ganz von Eis bedeckt ist. Wenigstens hat Nansen in den im Polarbecken gewonnenen Planktonproben kaum einige Foraminiferen gefunden.

Ähnlich scheinen in dieser Beziehung die Verhältnisse im Südpolarmeere, wenigstens dort, wo die „Valdivia"- und die „Gauß"-Expedition gearbeitet haben, zu liegen.

An den Bodenproben aus den Tiefen des nordpolaren Beckens ist in zweiter Linie ihre Feinheit beachtenswert; gröberes Material oder gar Steine wurden nicht beobachtet, obwohl man sonst diese letztere Art der Bodenbeschaffenheit für polare Gewässer als charakteristisch ansieht, zumal da, wo das Meer vom Eise bedeckt ist. Für das nordpolare Becken ergibt sich daher aus der durchgängigen Feinheit der Bodensedimente die Schlußfolgerung, daß seit langen geologischen Epochen keine Trift von Gletschereis, d. h. Eisbergen, über dies Becken hinweggezogen ist, selbst wenn (was wahrscheinlich) eine sibirische Eiszeit bestanden hat. Wohl transportiert auch noch heute das Eis der sibirischen Flüsse und des sibirischen Schelfes erhebliche Mengen terrigenen Materiales, aber dieses Eis kommt in der Hauptsache, d. h. auch an seiner Unterseite, wo es diese Sinkstoffe fallen lassen könnte, zum Schmelzen erst dann, wenn es das eigentliche arktische Becken verlassen hat, also im ostgrönländischen Küstenstrome und südlich noch."

Die dem arktischen Becken angrenzenden atlantischen Gewässer behandelt Nansen hauptsächlich in Rücksicht auf die Schelfbildung. Er findet, daß innerhalb der hier behandelten Gebiete im allgemeinen der Schelf um so breiter und um so tiefer unter dem Meeresspiegel gelegen ist, je niedriger und flacher die angrenzende Küste ist (z. B. Trondhjemdistrikt), daß er aber um so schmäler ist und um so geringere Tiefen aufweist, je höher und steiler die benachbarte Küste aufragt (z. B. Farör oder die Südküste Islands). In Verbindung mit dem Schelf steht eine weitere Besonderheit des untermeerischen Reliefs dieser nördlichen Gewässer, die Nansen ebenfalls sehr ausführlich behandelt. Es ist die einige wenige Meter, meist nur 6 bis 10 *m* unter dem jetzigen Meeresniveau, aber auch stellenweise etwas über demselben liegende, an das Ufer unmittelbar angrenzende Küstenplattform oder Strandebene (norwegisch „Strandfladen", englisch „shore plane"), welche nicht mit den norwegischen Strandlinien oder Küstenterrassen über dem Meeresspiegel, verwechselt werden darf. Von dieser Strandebene

entwirft Nansen folgende Schilderung, die besonders auf die norwegischen Gewässer sich bezieht, jedoch auch für die entsprechenden Erscheinungen der benachbarten Gewässer meist Gültigkeit hat. „Weit nach See hinaus, manchmal einige 20 bis 30 Seemeilen oder 40 bis 50 *km* breit, erstreckt sich eine im ganzen fast vollkommen wagerechte, ebene Fläche, die aber durch gerundete Felsen und untermeerische Fjordtäler in einzelne, kleine, ebene Flächen zerschnitten ist; der Boden ist Fels oder doch jedenfalls fast frei von Geröll und Schutt. Die Niveauunterschiede auf dieser Plattform oder Strandebene sind äußerst gering, viel geringer als auf dem im allgemeinen auch nur wenig bewegten Schelfboden. Zu diesem letztern, der zum Unterschiede von der Strandebene meistens mit Schlamm und feinerm oder gröberm Sand bedeckt ist, führt ein ziemlich unvermittelter Abfall, der bis 10° Neigung gewinnt, hinab. Der Übergang dagegen zum heutigen festen Lande hinauf vollzieht sich sehr allmählich, und es ist oft schwierig, hier eine obere Grenze anzugeben."

Die Strandebene in ihrer vollendeten Ausbildung längs der norwegischen Küstengebiete fehlt den übrigen westeuropäischen Küsten oder sie ist daselbst nur ganz schmal; ebenso fehlt sie größtenteils auf der amerikanischen Seite des Nordatlantischen Ozeans, obschon sie bei Labrador und Neufundland angedeutet ist; sie fehlt auch bei den Farör und bei Island, findet sich jedoch gut ausgeprägt an der Westküste Grönlands.

Die Frage nach der Entstehungsweise dieser eigentümlichen Bodenform beantwortet Nansen dahin, daß es sich um ein Werk der Meeresbrandung, d. h. der Wellen handele, um marine Denudation. Die Strandebene ist bis zu 40 *m* breit, so breit also, daß es unmöglich ist, anzunehmen, sie sei bei unverändertem Meeresniveau von der Brandung geschaffen; die Wellen müßten ja bei ihrem Vorschreiten bis zur Küste über dem flachen Wasser bald den größten Teil ihrer erodierenden Kraft verloren haben. Daher würde der naheliegendste Gedanke, welcher ja auch bei allen lehrmäßigen Darstellungen der Abrasion ausgeführt wird, der sein, daß die Abrasion unter allmählicher Senkung des Landes oder allmählichem Vorrücken des Meeres, jedenfalls bei positiver (mariner) Strandverschiebung stattfindet. Durch diesen säkularen Vorgang wird eine ebenmäßige, aber von der Meerestiefe zum Festlande schwach ansteigende Fläche entstehen. Nach Nansen ist aber die norwegische Strandebene horizontal zu wenig geneigt, um in der angedeuteten Weise nur durch den Angriff der Brandung von der offenen See her entstanden sein zu können. Er macht daher die Voraussetzung, daß Küste und Meeresboden durch tiefe Fjorde und Kanäle bereits vollkommen zerschnitten und zerteilt waren, ehe die Bildung der Strandebene mit Erfolg von der brandenden See begonnen werden konnte; von verschiedensten Richtungen her begann gleichzeitig das Werk der Abtragung und Abschleifung. Die Strandebene soll daher jünger als die Fjorde sein. Nansen nimmt ferner in der Frage nach der Entstehung der Fjorde den gemäßigt glazialen Standpunkt ein, daß die Fjorde als alte, später untergetauchte Talbildungen in der Hauptsache vor der Eiszeit bestanden haben, und nur Einzelheiten der Bodengestaltung (Aufschüttung oder Ausräumung) durch das fließende Eis der Gletscher ihre Erklärung finden. Somit kommt Nansen zu dem Satze: Die Fjorde sind präglazial; die Strandebene ist postglazial, womit der Umstand übereinstimmt, daß die Strandebene meist aus blankem Fels besteht, während der weiter seewärts gelegene, ältere, gleich den Fjorden präglaziale Schelf von glazialem Schutte verschiedenster Korngröße übersät ist. Die Strandlinien sind nach Nansen wieder jünger als die Strandebenen. Nansen hat bei seiner Annahme einer vergleichsweise großen geologischen Jugend der Strandebene gewichtige Gegner gegen sich, so Reusch und Vogt, die für präglazialen Ursprung sprechen; E. Richter nimmt interglaziale Entstehung an, und A. M. Hansen hält überhaupt eine Entstehung durch das erodierende Eis für wahrscheinlich. Das Alter der Strandebene mag zweifelhaft, ihr mariner, also nicht glazialer Ursprung dürfte aber gesichert sein.

Was nun die Bildung der Schelfe und zunächst die Bildung des norwegischen Schelfes anbelangt, so geht Nansen davon aus, daß während langer präglazialer Epochen das Meeresniveau ein anderes als heute und die Fläche des heutigen Schelfgebietes trockenes Land gewesen sein muß. In dieser Zeit erhielt der spätere Schelf durch atmosphärische Erosion ein ziemlich unruhiges Relief; ist er doch durchaus keine solche einförmige Ebene wie die Strandebene oder Plattform, die bisher geschildert wurde, sondern meistens mit charakteristischen Terrainformen, mit Depressionen, Tälern usw. ausgestattet. So folgen die offenbar von frühern Flüssen geshaffenen Rinnen des norwegischen Schelfes zwei gut erkennbaren Hauptrichtungen, einer mit der Küste ziemlich parallel verlaufenden longitudinalen Richtung und einer dazu annähernd rechtwinkligen. In weit zurückliegenden geologischen Epochen müssen, wie nach den Tiefenlotungen auf dem Schelfe zu schließen ist, die heute untergetauchten longitudinalen Fjordtäler des Schelfes bis zu einem Niveau hinab erodiert worden sein, das heute 500 bis 600 *m* unter dem Meeresspiegel liegt. Als die Senkung dieses schon von den Atmosphärilien bearbeiteten (Land-) Gebietes erfolgte, hatte die Tätigkeit des Meeres erleichtertes Spiel, um eine Einebnung und Abrasion zu bewerkstelligen. Natürlich wurden dabei diejenigen Teile, welche aus weichern Gesteinsarten bestehen, wie z. B. die Küstenteile von Norrland und Finnmarken, stärker abgetragen als diejenigen Küstenstrecken, die aus harten, archäischen Gesteinen sich zusammensetzen, z. B. Romsdalen, Lofoten-Vesteraalen. Hierin liegt teilweise die Erklärung für die etwas verschiedene Tiefe der einzelnen Schelfpartien. In einem seewärts gelegenen Schuttkegel sind die terrigenen Sedimente dieser Periode angehäuft. Die Eiszeiten haben dann den norwegischen Schelf noch mit glacialem Blockmaterial überstreut; auch marine Ablagerungen kamen dazu, so daß der Schelf jedenfalls an Ausdehnung seitdem nicht verlor. Die eigentliche Entstehung des Schelfes fällt also vor die Eiszeit, wahrscheinlich in die Pliozänperiode. Bis in neueste Zeiten müssen endlich sehr erhebliche und verschiedenartige Niveauänderungen des Meeres, bald ein Steigen, bald ein Fallen des Meeresspiegels, eingetreten sein, die wir hier nicht weiter verfolgen wollen. Überblickt man im Anschlusse hieran die ähnlichen Bildungen in den höhern Breiten des Nordatlantischen Ozeanes, so z. B. den bekannten Nordseeschelf, den Schelf vor dem Englischen Kanale („die Gründe“ vor dem Kanale) u. s. f., so ist hier wie dort nicht ein einheitliches Agens die Ursache für deren Entstehung gewesen; mehrere Faktoren haben in vereinter Wirkung diese interessanten Flachseegebiete geschaffen. In erster Reihe stehen dabei immer die subaerische Erosion und die submarine Denudation. In der Annahme, daß diese beiden Kräfte in Tätigkeit gekommen sind, liegt zugleich die Forderung der fernern Annahme, daß bedeutende Niveauänderungen, vorzugsweise marine Strandverschiebungen, damit Hand in Hand gegangen sind. Diese Schelfe von Großbritannien und Irland, von der Westküste Frankreichs, von den Farör, von Island, von Neufundland und wie sie alle heißen mögen, sind weder lediglich Produkte einer Anhäufung von terrigenen Sedimenten des angrenzenden Festlandes, noch lediglich ein Werk der brandenden Meereswogen, noch lediglich Aufschüttungen glazialer Art, sondern komplexe Bildungen, an denen alle die genannten Faktoren in jeweils verschiedenem Grade, ähnlich wie bei dem norwegischen Schelfe, Anteil gehabt haben. Man kennt aus den neuern Detailablotungen des Meeresgrundes auf den Schelfen eine ganze Reihe von wirklichen alten Flußtälern, welche heute untermeerisch sind; deren Gestalt fordert aber gebieterisch, daß sie durch das fließende Wasser auf einem ehemals festen Lande zustande gekommen sein müssen, ähnlich wie auch die Fjorde als Täler präglazialer Epochen durch die mechanische Arbeit rinnender Festlandsgewässer ihre erste Anlage erhalten haben müssen. Jedenfalls ist es unrichtig und gegenüber der Vielheit der zu berücksichtigenden Unterschiede im einzelnen unzureichend, mit J. Y. Buchanan diese Schelfe als reines Produkt der Brandungswoge auf gegenwärtigem Meeresniveau anzusprechen.“

Die physische Geographie des finnischen Meerbusens behandelt E. F. Piccard[1]) auf Grund der hauptsächlichsten vorhandenen (besonders russischen) Literatur. Die Größenverhältnisse anbelangend, findet er, wenn als westliche Grenze die gerade Linie Spithamn-Hangö Udd angenommen wird, als Areal 29 884 *qkm*, als größte Tiefe 113 *m*, als mittlere Tiefe 35.8 *m* und als Volumen 1064 *ckm*.

Das Barentsmeer ist 1902 von der wissenschaftlichen Murmanexpedition erforscht worden, und Dr. L. Breitfuß macht über die bezüglichen hydrographischen Arbeiten Mitteilung.[2]) Es ergibt sich aus den angestellten Untersuchungen, daß der längs der norwegischen Westküste laufende Golfstrom sich in etwa 72° nördl. Br. teilt. Der Arm mit dem Wasser von größtem Salzgehalte verfolgt seinen Weg nach N, geht dem Westufer von Spitzbergen entlang bis zum 76. oder 77. Parallel, taucht hier unter die Oberfläche und erscheint wieder in einem nicht großen Rayon bei der Insel Amsterdam (etwa 79° N). Diesen ganzen Unterwasserweg von ca. 120 Seemeilen charakterisiert die Eisfreiheit des Fahrwassers im Frühlinge. Sie ist schon von altersher bekannt unter dem Namen „Whalers Bay“, d. h. Walfängerbucht. Dabei gibt dieser Arm, auf die kontinentale Stufe Spitzbergens stoßend, noch einen Nebenarm ab, der, infolge der Erdumdrehung nach O neigend, in der Bodenrinne bis zum Stor-Fjord läuft.

Der zweite Hauptarm läuft in der Mulde zwischen Nordkap und der Bäreninsel, sich infolge der Erdumdrehung nach O neigend, ins flache Barentsmeer, in welches er, sich fächerförmig in Nebenarme teilend und ausbreitend, sich ergießt und dabei dem Bodenrelief anpaßt. Von diesen Nebenarmen sind am deutlichsten vier erkennbar, unter welchen der südlichste, in südöstlicher Richtung laufend, fast parallel der Murmanküste in einer Entfernung von nicht mehr als 100 Seemeilen (175 Werst) sich vor den beiden nächsten Zweigen durch höhere Temperatur (im Sommer) und geringern Salzgehalt auszeichnet, was bedingt wird durch die Nähe des im Sommer erwärmten und immer etwas süßer gewordenen kontinentalen Wassers.

Die drei andern Arme des Nordkapstromes werden bald von der aus O und NO kommenden kalten Strömung unkenntlich gemacht, sinken in die Tiefe und vermischen sich mit dem arktischen Wasser. Eine kalte Strömung mit einer Temperatur von — 1.8° läuft längs der Westküste von Nowaja-Semlja von S nach N bis zu etwa 100 *m* Tiefe. Was das Weiße Meer anbelangt, so ergibt sich, daß in den kesselförmigen und verhältnismäßig tiefen Teilen der westlichen Hälfte desselben, welche vom Ozeane durch eine sehr flache Barre von 50 bis 60 *m* Tiefe, die „Gurgel“, geschieden sind, die untern Schichten im Verlaufe eines großen Teiles des Jahres eine sehr niedrige Temperatur be-

[1]) Dissertation Kiel 1903.

[2]) Petermanns Mitteil. **50**. p. 35.

sitzen, welche in Anbetracht ihres geringen Salzgehaltes (30 Promille S. für die untern Schichten) jahraus jahrein sehr nahe ihrem absoluten Minimum ist. Die obern Schichten können sich dank der Insolation und dem großen Zustrome warmen Süßwassers sehr stark erwärmen.

Ein Blick auf die schematische Karte der Verbreitung der Strömungen und der verschiedenen Dichtigkeit des Wassers im Barentsmeere zeigt, daß das Bett der Strömungen und der Bassins von Wasser großer Dichte, streng den Mulden und Kesseln des Meeresbodens entspricht. „Wir können überall konstatieren, daß das atlantische Wasser, bei seinem Ostlaufe auf die Stufen des verhältnismäßig flachen Barentsmeeres stoßend, sich in die Rinnen drängt, welche den Boden hauptsächlich in östlicher und nordöstlicher Richtung durchfurchen, und seine wohltätige Wärme über das ganze Meer verteilt. Daraus müssen wir schließen, daß nach dem ursprünglichen und Hauptfaktor, nämlich der Umdrehung der Erde, die einem Teile des Golfstromes auf seinem Wege längs der Westküste Norwegens eine östliche Richtung gibt und ihn zwingt, die Nordkapströmung abzuzweigen, wir den zweiten Hauptfaktor, der nicht minder wichtig ist, in den Mulden zu suchen haben, welche das Bett dieser Strömungen bilden. Diese Nordkapströmung mit ihren Verzweigungen ist in ihrer geographischen Lage ständig, ebenso beständig, wie es unsere Flüsse sind. Änderungen nach der Saison sind nur unterworfen: die Intensität der Strömung, die Höhe der Temperatur und der Grad der Konzentration der aufgelösten Salze; Änderungen, welche freilich nicht so sehr von den örtlichen Faktoren, als vom physischen Charakter des Hauptgolfstromes und von der Summe der Bedingungen abhängen, welcher sie unterworfen sind sowohl auf dem Tausende von Meilen langen Wege von seiner Wiege fast unter dem Äquator bis zu unsern polaren Breiten, wie auch im Mexikanischen Meerbusen selbst.

Fehlten diese Mulden auf dem Grunde des Barentsmeeres, so würde ein größerer Teil des atlantischen Wassers in dem Strombette längs dem Westufer Spitzbergens abfließen, und die geringe Menge warmen Wassers, welche dank der Erdumdrehung in unser Meer gelangte, wäre nicht imstande, uns vor einer Vergletscherung zu bewahren, die dem nördlichen Europa das Klima geben würde, welches Grönland besitzt."

Über die Strömungen im Nordmeere verbreitete sich auf Grund eigener und fremder Forschungen Johan Hjort.[1] Hiernach sind über diese Strömungen jetzt folgende Vorstellungen gewonnen: In dem großen zentralen Teile des Nordmeeres ist in den großen Tiefen eine gewaltige Wassermasse von sehr eintönigem Charakter. „Jedesmal," sagt Hjort, „wenn wir im Winter oder Sommer aus Tiefen von

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1904. p. 484.

1000 bis 3000 *m* Wasserproben sammelten, zeigten diese genau denselben Salzgehalt und dieselbe Temperatur. Der Salzgehalt war durchschnittlich 34.93, und die Variationen überstiegen nicht 0.03‰, die Temperatur — 1.1° bis 1.2°.

Aus der Homogenität dieser Wassermasse kann man mit Sicherheit schließen, daß sie nur sehr geringe Bewegung hat. Sie ist durch die große Bank zwischen der Nordsee und Grönland vom Atlantischen Ozeane abgeschlossen, nach Professor Nansens Auffassung durch eine ähnliche Bank zwischen Spitzbergen und Grönland von dem großen Polarmeere getrennt.

Ähnliche stillstehende Wassermassen haben wir in unsern norwegischen Fjorden gefunden, wo große Wassermengen in Vertiefungen hinter den Schwellen der Fjordmündungen abgetrennt werden, und die Stagnation des Wassers sogar zum vollkommenen Verschwinden des Sauerstoffes und einer Sättigung mit Schwefelwasserstoff wie im Schwarzen Meere führt. Über den Ursprung des Bodenwassers des Nordmeeres hat Professor Nansen ausgedehnte Untersuchungen angestellt und ist zu dem Ergebnisse gekommen, daß es nicht, wie man früher glaubte, vom Polarmeere herstammt, sondern im Nordmeere selbst gebildet wird, und zwar in der Gegend zwischen Jan Mayen und Spitzbergen, wo das Bodenwasser bis an die Oberfläche emporsteigt und denselben Salzgehalt und dieselbe Temperatur hat wie am Boden, während das Wasser des Polarmeeres und des ostgrönländischen Polarstromes andere physikalische Verhältnisse zeigt.

Während wir also in den großen Tiefen stillstehendes Wasser haben, zeigen uns die obern Wasserschichten und das Wasser bis 700 bis 800 *m* Tiefe große Wechsel und Bewegungen. Sehr interessant ist der große Einfluß der Form des Meeresbodens auf die Ausdehnung der Strömungen selbst in der Oberfläche. Dies ist besonders längs des Abhanges der norwegischen Küstenbänke erkennbar.

Wir haben hier im Nordmeere bekanntlich bestimmte große Strömungen, den Atlantischen Strom, den Polarstrom usw.

Der Atlantische Strom sendet seine Wassermassen durch den Faröer-Shetlandkanal in das Nordmeer hinein, zwei Zweige werden an die Nordsee abgegeben; die Hauptmasse aber bewegt sich längs der norwegischen Küste, bis sie sich im Norden in zwei Teile teilt, von denen einer ins Barentsmeer, der andere längs der Westküste von Spitzbergen fließt. Die Geschwindigkeit dieses Stromes wechselt zwischen fünf und zehn Seemeilen in 24 Stunden. Von großem Interesse ist es, daß die Geschwindigkeit bis zu großen Tiefen dieselbe ist. Helland-Nansens Berechnungen beweisen, daß das Maximum oft erst in 100 bis 200 *m* Tiefe liegt; es ergibt sich hieraus, welche große Wassermassen in das Nordmeer hineingeführt werden. — Mit dem Atlantischen Strome kämpft der Polarstrom, der längs der Ostküste Grönlands an den Küsten Islands vorbei südwärts fließt. Er teilt sich bekanntlich in zwei Zweige, von denen der eine zwischen Island

und Grönland, der andere längs der Ostküste Islands gegen die Faröer fließt.

Es ist eine alte Frage, ob dieser Polarstrom im Winter den Atlantischen Strom durchqueren und an die Küsten Norwegens heranfließen kann. Durch sehr anstrengende Fahrten haben wir während der Winterzeit bis zu Jan Mayen und Island die Strömungen untersucht und gefunden, daß der warme Atlantische Strom das ganze Jahr hindurch den östlichen Teil des Nordmeeres beherrscht. Das hat für das Verständnis des nordeuropäischen Klimas eine große Bedeutung; wir haben nämlich gefunden, daß der warme Strom während des Winters so viel Wärme an die Atmosphäre abgibt, daß er bis zu 200 *m* Tiefe um mehrere Grade kälter wird. Im Sommer 1900 war der Atlantische Strom etwa 2° kälter als in andern Jahren, was mit einem ungewöhnlich kalten Sommer im nördlichen Norwegen zusammenfiel.

Wenn die Strömungen deswegen auch im großen und ganzen ihre Richtung behalten, so sind doch ihre Variationen von der größten Bedeutung. So fließt im Sommer das leichte Küstenwasser in der Oberfläche von der Küste weg und führt auch eine Menge schwebender Küstentiere mit, die wieder im Winter wahrscheinlich mit dem zurücktreibenden Oberflächenwasser an die Küsten zurückgeführt werden.

Wie wir im Nordmeere das Gebiet des warmen atlantischen Wassers von dem Gebiete des kalten Polarwassers unterscheiden können, so gestaltet sich auch im Nordmeere, diesen Gebieten entsprechend, das Tierleben sehr verschieden. In den großen Tiefen des zentralen Teiles haben wir eine rein arktische Fauna, die ebenso wie das Bodenwasser in der Gegend von Jan Mayen, Spitzbergen und Ostgrönland in bedeutend geringere Tiefen emporsteigt. Auf der großen Tiefebene selbst ist die Individuenzahl sehr gering.

Im hohen Norden herrschen Mischgebiete, in denen sich die arktische Fauna auch mit südlichern Formen mischt. Vor allem gilt dies von dem Barentsmeere und der südlichen Küste von Spitzbergen.

Vollkommen verschieden von diesen arktischen Gebieten sind die Regionen der norwegischen und isländischen Küstenbänke und Fjorde, sowie des Rückens zwischen Großbritannien und Island. Wir haben hier überall den Einfluß des atlantischen Wassers. Wir finden hier die atlantischen Formen, von denen eine große Menge in den norwegischen Küstenmeeren vorkommt, wenn sie auch hier allmählich mit borealen oder arktischen Formen gemischt auftreten. Viel schwieriger ist es, den Zusammenhang zwischen den Meeresströmungen und den schwebenden Organismen zu erforschen. Je tiefer man aber hier einzudringen vermag, um so viel klarer kann man das vielfältige Vermögen der Organismen, sich an die sie umgebenden Verhältnisse anzupassen, erkennen.“

Verf. verbreitet sich dann eingehend über das Auftreten und die Wanderungen der Seefische im Nordmeere, besonders des so wichtigen Dorsches, worüber auf das Original verwiesen werden muß.

Die große Eistrift bei der Neufundlandbank im Jahre 1903. Im Frühlinge jenes Jahres erschienen die arktischen Treibeismassen östlich von der großen Neufundlandbank in einer so großen Anzahl, wie sie seit vielen Jahren nicht gesehen worden war, so daß sogar die vereinbarten transatlantischen Dampferwege nicht eingehalten werden konnten. Schon am 2. Februar hatten einlaufende Küstenfahrer nach St. Johns auf Neufundland die Nachricht gebracht, daß große arktische Eismassen im Antreiben wären, voraussichtlich die östliche Küste Neufundlands blockieren und sich über die große Bank ausbreiten würden. Drei Tage später war bereits der Hafen von St. Johns vom Eise blockiert, längs der ganzen Küste lagen Packeistriften, und das Meer war voll von arktischem Eise, welches mit der Labradorströmung gegen die Dampferwege hin trieb. Am 8. März erreichten eine ganze Reihe von Eisbergen den 45° nördl. Br. rechts an der Kante der großen Bank, und einige Tage früher wurden solche schon unter 43° westl. L. gesehen. Professor Gerhard Schott hat dieser merkwürdigen Erscheinung sogleich seine Aufmerksamkeit gewidmet und alles bekannt werdende Material darüber gesammelt.[1]) Nach seiner Zusammenstellung betrug in der zweiten Hälfte des März die tägliche Trift der Eisberge oder die Geschwindigkeit des Labradorstromes 15 bis 16 Seemeilen. Er machte damals darauf aufmerksam, daß das Gros des Eises im Frühjahre 1903 reichlich 1 Breitengrad südlicher liege, in einzelnen Bergen nahezu 1½ Breitengrade südlicher vorgedrungen sei, als gewöhnlich der Fall ist. Dazu komme als weiterer gefährlicher Umstand das auffällig massenhafte Auftreten. Einzelne Dampfer seien tagelang durch Eisfelder und an Eisbergen vorbei gefahren; häufig seien „unabsehbare, nach Norden sich erstreckende Eisfelder“ gemeldet. Was die Größe der Eisberge betrifft, so schwankten die Angaben zwischen ganz kleinen Eisbrocken und der Dimension 100 *m* Höhe bei 600 *m* Länge; diese letztern, nur von einem Schiffe gegebenen Werte sind jedoch nach Prof. Schott, zumal was die Höhe anlangt, wohl mit einem Fragezeichen zu versehen; denn man überschätzt bekanntlich leicht sowohl den Abstand von einem Objekte wie seine Höhe, und Höhen von 60 *m* sind selbst für die antarktischen Eisbergriesen ein mittleres Maximalmaß. Häufig wurden für die damaligen Neufundlandeisberge Höhen von 40 bis 100 Fuß, also rund 15 bis 35 *m* angegeben.

Nachdem die Eistrift als solche nunmehr vor fast einem Jahre ihr Ende erreicht hat, und alles zu erwartende Material im wesentlichen eingelaufen ist, hat Prof. Schott eine genaue Untersuchung derselben und eine Studie über die Wärmeverhältnisse des Meer-

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1903. p. 204.

wassers im Jahre 1903 veröffentlicht, die zu eben so interessanten als wissenschaftlich wichtigen Ergebnissen führte. [1])

Was zunächst die Eisverbreitung anbelangt, so erstreckte sich nach Prof. Schotts Untersuchungen während des ganzen April die große Eismasse in äußerst kompaktem, dichtem Auftreten und ununterbrochen bis reichlich 41° nördl. Br. südwärts herab längs der Ostkante der Bank. Im April 1903 war auf den unter gewöhnlichen Umständen gültigen, vereinbarten New-Yorker Dampferwegen sowohl der Ausreisen wie der Heimreisen noch durchweg so viel Eis, daß die Verlegung dieser Wege nach Süden der Sicherheit halber mit Recht noch für den ganzen Monat Mai von den beteiligten Dampfergesellschaften aufrecht erhalten wurde.

Die Eisverhältnisse des Mai 1903 zeigten eine Besserung in der kritischen Gegend, d. h. an der Südostecke der Bank; das Treibeis war seiner Hauptmasse nach zeitweise auf dem Rückzuge insofern, als sehr südliche Positionen nur noch ausnahmsweise vom Eise erreicht wurden. Auf rund 42° nördl. Br. und nördlich davon stand zwischen den Meridianen von 52 und 54° westl. L. in der zweiten Hälfte des Mai eine größere Zahl Eisberge, desgleichen an der Ostkante der Bank selbst; doch blieb dies Eis hier immerhin vereinzelt. Die Kernmasse des Eises lag im Mai auf dem nördlichen Teile der Bank, die Südgrenze für das Gros war ungefähr durch den Breitengrad von Kap Race gegeben; das Hauptphänomen spielte sich also im Mai nicht mehr im Südosten der Neufundlandbank, sondern im Südosten Neufundlands ab.

Die vorübergehende Verminderung des Treibeises in der Nähe der New- Yorker Dampferwege während des Monates Mai hielt aber nicht an; im Juni 1903 erfolgte ein zweiter, wenn auch im Vergleiche mit den Aprilverhältnissen schwächerer Vorstoß des Treibeises wieder sehr weit nach Süden, bis nach 41° nördl. Br. unter 49 bis 48° westl. L.

Die Vorposten dieses zweiten Nachschubes waren nach Professor Schott bereits Anfang Mai 1903 auf der Höhe von St. Johns erschienen. Am 5. Mai in St. Johns einkommende Schiffe hatten gemeldet, daß ungeheuere Eisfelder über die Bank südwärts trieben, daß die ganze Nordküste Neufundlands durch Eis blockiert sei, und zahllose Eisberge dort mit der Strömung südwärts zögen. Die tägliche Geschwindigkeit betrug vielleicht 13 Seemeilen, also etwas weniger als bei der ersten Trift im März.

Während der Monate Juli und August 1903 beschränkte sich das Eisvorkommen (ähnlich wie im Mai) auf die nördlichsten Teile der Bank. Die Belle-Islestraße wurde erst am 4. Juli 1903 passierbar, war am 9. Juli fast eisfrei, doch erschienen schon von Mitte Juli ab wieder sehr viele Berge vor der Straße, welche zum Teile in dieselbe eindringen konnten, so daß die Schiffahrt von neuem daselbst sehr

[1]) Annalen der Hydrographie 1904. p. 277.

behindert war. Diese Gegend ist überhaupt in der Saison 1903 niemals ganz eisfrei geworden.

Was nun die Wärmeverhältnisse des Meerwassers im Jahre 1903 anbelangt, so findet Prof. Schott aus der sorgfältigen Prüfung des ganzen vorhandenen Materiales, daß schon im Januar 1903, als noch keine Spur von Eis auf den Schiffahrtslinien in Sicht war, das Wasser mit Ausnahme des schmalen Streifens zwischen amerikanischer Küste und 65° westl. L. durchweg über die ganze Breite des Ozeanes hin bis nach Europa zu kalt war, um 1 bis 3° in der westlichen, um 0.5 bis 1° zu kalt in der östlichen Hälfte. „Darauf folgte, und zwar von Februar bis Ende April hin eine sehr regelmäßige Zunahme der Ausbreitung eines Temperaturüberschusses schrittweise von Westen nach Osten in dem Sinne, daß die anfänglich negative Temperaturanomalie allmählich bis nach 30° westl. L. (!) in eine solche mit positivem Vorzeichen überging, und zwar war stets zwischen 70 und 60° westl. L., also dort, wo die Schiffe im stärksten Striche des Golfstromes sich befinden, der Betrag dieser positiven Abweichung am größten, so daß man den Eindruck erhält, daß der Golfstrom im Frühjahre 1903 eine über sein durchschnittliches Maß hinausgehende thermische Energie entwickelt hat. Wohlgemerkt, fällt dieser Wärmevorstoß in die Zeit der ersten gewaltigen Eistrift. Dieser Periode des Vordringens der Wärme folgte dann vom Mai bis Juni, d. h. im Frühsommer, als die zweite Eistrift sehr mächtig war, ein ebenso entschiedener Rückgang der positiven Temperaturanomalie auf der ganzen westlichen Hälfte der Wege (lediglich zwischen 65 und 70° westl. L. blieb das Wasser zu warm), und diese nunmehr wieder den Ozean in seiner gesamten Breitenausdehnung umfassende abnorme Abkühlung blieb in bewundernswerter Konstanz bis Ende September erhalten. Während dieses Zeitraumes war die Abkühlung meistens am größten zwischen 60 und 45° westl. L.; in der nähern und weitern Umgebung der Neufundlandbank und auch südlich davon im Golfstromgebiete war damals das Meerwasser um durchschnittlich 2° zu kalt. Auch für die europäische Seite des Ozeanes kann man vielleicht eine allerdings geringe Steigerung des Wärmedefizits feststellen, denn das Wasser war im Sommer 1903 daselbst im Mittel um mehr als 1°, stellenweise und zeitweise um nahezu 2° zu kalt.

Eine dritte und letzte Periode von einem Wärmecharakter, der dem des Sommers entgegengesetzt ist, aber dem des Frühlinges entspricht, begann endlich mit Ende September, Anfang Oktober 1903 und hielt bis Ausgang des Jahres an; die Flächeneinheiten mit Wärmeüberschuß auf der amerikanischen Hälfte des Ozeanes erfahren von neuem eine Vermehrung auf Kosten derjenigen mit Wärmemangel, so daß schließlich im Dezember die geographische Ausbreitung der positiven und negativen Wärmeanomalie sich die Wage hielt.“

Prof. Schott widmet der Umgebung der Neufundlandbank eine spezielle Untersuchung bezüglich der thermischen Wirkung des Eis-

vorkommens und wendet sich dann zu den Ursachen der besondern Wärmeverhältnisse des Jahres 1903. Dieser Teil seiner Untersuchung ist der interessanteste und wichtigste, und er möge deshalb hier vollständig wiedergegeben werden. Prof. Schott sagt:

„Suchen wir aus den vorstehenden Betrachtungen im Hinblicke auf die ganz ungewöhnlichen Mengen von Treibeis und Eisbergen des Jahres 1903 allgemeine Gesichtspunkte über die Ursachen und thermische Bedeutung eines solchen Naturphänomens zu gewinnen, so ist es wohl sicher, daß die Wärmeverhältnisse des Oberflächenwassers im Nordatlantischen Ozeane im Jahre 1903 unter dem Einflusse mindestens zweier bestimmender Faktoren gestanden haben. Das Vorhandensein der großen Eismassen ist von nicht zu vernachlässigendem, wenn auch wohl lokalem Einflusse gewesen — es soll davon erst an zweiter Stelle die Rede sein. Ein viel wichtigerer und grundlegender Faktor ist aber nach meiner Überzeugung in allgemeinen, vorwiegend wohl als Intensitätsänderungen zu charakterisierenden Schwankungen zu erblicken, denen die zwei großen Strömungen, der Golfstrom sowohl als auch der Labradorstrom, unterworfen gewesen sein müssen. Es sind dies also Einflüsse, die mit dem Eisvorkommen nichts zu tun haben, deren Ursprungsgebiet vielmehr lokal sehr weitab von den hier betrachteten Meeresgegenden liegen kann und wahrscheinlich wirklich entfernt gewesen ist, es sind Einflüsse von weitreichender und anhaltender Wirkung auch auf das Klima der betroffenen Gebiete. Das Thema der unperiodischen großen Schwankungen der ozeanographischen und meteorologischen Werte über dem nördlichen Nordatlantischen Ozeane und ihrer Bedeutung im besondern für das Klima von Westeuropa ist ja seit Petterssons erster Abhandlung, der sich Arbeiten von Dickson, Meinardus u. a. anschlossen, nicht von der wissenschaftlichen Tagesordnung verschwunden; die Gedankenfolge, welche dabei in Betracht kommt, mag, obschon sie Fachmeteorologen geläufig ist, hier unter Benutzung der klaren Ausführungen von Meinardus angedeutet sein. „Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Geschwindigkeit des Golfstromes, seine Wärmeführung und Oberflächentemperatur, die relative Tiefe der barometrischen Minima, die Stärke und Richtung der vorherrschenden Luftströmungen über ihm wenigstens in der kalten Jahreszeit auf das engste miteinander verknüpft sind. und zwar in der Weise, daß diese Elemente eine in sich geschlossene Kette von Ursachen und Wirkungen darstellen. Denn ein jedes dieser Elemente wird von dem vor ihm genannten beeinflußt, und das erste ist von dem letzten abhängig. Wird nämlich aus irgend einem Grunde die Geschwindigkeit des Golfstromes z. B. über das normale Maß vergrößert, so wird die Wärmezufuhr aus südlichen Breiten vermehrt, es wächst dis Temperatur, d. h. es entsteht eine positive Temperaturabweichung von der normalen. Eine positive Temperaturabweichung hat eine Vertiefung des isländischen Luftdruckminimums und wahr-

scheinlich auch eine Vertiefung der ganzen Luftdruckfurche, welche sich über das Nordmeer erstreckt, zur Folge. Einer abnormen Tiefe des Luftdruckes über dem Meere entspricht eine höhere Windgeschwindigkeit über dem Golfstrome. Eine Folge der stärkern Luftbewegung ist eine Beschleunigung der Meeresströmung, zumal wenn die Richtung des Windes, wie es tatsächlich hier der Fall, mit der Richtung des Golfstromes zusammenfällt. Eine Beschleunigung der Wasserbewegung aus Süden und Südwesten entspricht aber wieder einer vermehrten Wärmezufuhr, und so fort.

Eine einmal eingeleitete Störung des Gleichgewichtszustandes wird sich also selbst zu erhalten streben, und es ist möglich, wenn auch sehr schwer zahlenmäßig zu beweisen, daß wir diesem Systeme sich selbst induzierender Kräfte die Konstanz des Sinnes der Temperaturabweichung des Golfstromes mehrere Monate hindurch zuzuschreiben haben. Natürlich findet dieser Vorgang ein Ende, wenn von außen her Einwirkungen sich geltend machen, welche jenen Kräften mit Erfolg entgegenarbeiten. Das kann z. B. dadurch geschehen, daß die Geschwindigkeit der kalten Polarströmungen zunimmt, welche östlich von Neufundland als Labradorstrom und östlich von Island als Abzweigung der ostgrönländischen Strömung dem Golfstrome in die Flanken fallen und seine Temperaturverhältnisse beeinflussen.

Eine abnorme Zunahme der Geschwindigkeit des Labradorstromes ist aber gerade in solchen Wintern wahrscheinlich, wenn auch der Golfstrom und die Winde über ihm eine größere Geschwindigkeit haben. Denn da die nordwestlichen Winde, welche an der Küste Labradors wehen, durch eine Vertiefung des isländischen und westgrönländischen Minimums ebenso verstärkt werden, wie die südwestlichen Winde vor den Küsten Europas, so wird mit ihnen auch die Labradorströmung beschleunigt. Es scheint mir nicht ausgeschlossen zu sein, daß der Labradorstrom in solchen Fällen dem Golfstrome, welchen er östlich Neufundlands trifft, eine negative Temperaturabweichung gibt, welche aber erst nach Verlauf eines halben Jahres in den nordwesteuropäischen Meeren zur Geltung kommen würde. Die Folge davon würde dann das Auslösen eines entgegengesetzt wirkenden Kreislaufes von Kräften sein, wie er oben geschildert wurde."

Die hier von Meinardus vorgetragenen Schlußfolgen sind alle einleuchtend und zwingend, wenn schon über die relative Bedeutung der einzelnen bestimmenden Elemente keine bestimmten Angaben gemacht werden können. Viel mißlicher aber in Hinblick auf den naheliegenden Wunsch, ein wirkliches Beispiel solchen Zusammenwirkens der ozeanographischen und meteorologischen Faktoren vorzuführen, ist die Schwierigkeit, ja nahezu Unmöglichkeit, anzugeben, was im einzelnen Falle Ursache, was Wirkung ist, d. h. wo der Ausgangspunkt der primären unperiodischen Abweichungen gelegen, und

wann er zuerst wirksam geworden. Da außerdem noch für eine nicht absehbare Zukunft der Versuch nutzlos erscheint, synoptische Karten der Stromversetzungen zu entwerfen, sofern man solche Karten mit Karten der durchschnittlichen Stromzustände vergleichen will, da ferner die synoptischen Wetterkarten für das Jahr 1903 erst in etwa vier Jahren vorliegen werden, und die provisorischen Angaben in den „Internationalen Dekadenberichten" für unsern Zweck nicht genügen, so ist es jetzt nicht möglich, speziell auf das Jahr 1903 eine Anwendung dieser oben wiedergegebenen Gesichtspunkte zu versuchen. Es kann nur die Wahrscheinlichkeit folgender Zusammenhänge behauptet werden.

In Übereinstimmung mit dem dargestellten Wärmegange hat der Golfstrom im Frühjahre 1903, nachdem im Vorwinter 1902/03 eine Schwächung desselben vorgelegen hat, einen sehr energischen Vorstoß nach Osten bis zur Mitte des Ozeanes gemacht unter Vermehrung seines Wärmeinhaltes und unter Vergrößerung seiner Geschwindigkeit. Dieser Vorstoß hat seinerseits Veranlassung gegeben zu einer Verstärkung des kalten Labradorstromes. Man kann darin nach dem Gesetze der Kompensationsbewegungen einen unmittelbar bedingten, also lediglich ozeanographischen Vorgang sehen, man kann aber auch, wie dies Meinardus vorsieht, den Umweg und die Einschaltung der Mitwirkung der meteorologischen Glieder wählen; das Endergebnis, welches mir ganz sicher erscheint, wird immer dasselbe sein, daß nämlich in der Tat durch eine größere Geschwindigkeit des Golfstromes eine größere Geschwindigkeit des seitlich einfallenden Labradorstromes ausgelöst wird, und zwar wird ein gewisser zeitlicher Spielraum notwendig sein, bis die Intensitätsvermehrung des Labradorstromes zur allgemeinen Erscheinung wird. Aus dieser Auffassung folgt weiter, daß die abnorme Eistrift des Jahres 1903 durch eine im Spätwinter 1902/03 und Frühjahre 1903 eingetretene besonders starke Golfstromtrift, wenn auch natürlich nicht allein verursacht, so doch sicher sehr begünstigt worden sein dürfte. Ein starkes Fließen des Golfstromes auf der amerikanischen Hälfte des Ozeanes wird immer nach gewisser Zeit die Neigung zu vermehrtem Fließen des Labradorstromes und damit in den Monaten, in denen überhaupt Eis treibt, die Wahrscheinlichkeit für ein weit südliches Vordringen des Neufundlandeises herbeiführen.

Der Labradorstrom seinerseits hat, wenigstens auf der Neufundlandbank und deren weiterer Umgebung auch über dem tiefen Wasser, die Sachlage beherrscht vom Mai bis zum August 1903 einschließlich; und von September ab ist dann der im Sommer zum mindesten thermisch zurückgedrängte Golfstrom wieder in seine alten Rechte getreten. So weit lassen sich aus großen, allgemeinen Schwankungen der Wasserbewegungen die Wärmeverhältnisse des Jahres 1903 erklären, und es ist sogar notwendig, anzunehmen, daß hierdurch der Grundton des gesamten Wärmeganges gegeben gewesen ist, auch

wenn es zu Eistriften dabei gar nicht gekommen wäre. Denn der wiederholt betonte Umstand, daß die negative Wärmeanomalie erst vom Mai ab in der Neufundlandgegend eintritt, während das Eis doch schon seit Februar in großen Massen dort lagerte, der Umstand ferner, daß die negative Wärmeanomalie bis nach Europa herüber schon im Januar vorhanden war, lehrt doch sofort, daß das Eis als solches nicht die allererste Ursache für die Eigenheiten der Temperaturen im Jahre 1903 gewesen sein kann. Wir schließen vielmehr, wie oben ausgeführt ist, in umgekehrter Weise, daß das Eis nicht Ursache, sondern zunächst nur eine Folge, nur eine Begleiterscheinung der abnormen Wärmeverhältnisse und der Stromänderungen gewesen ist.

Die Stromänderungen ihrerseits sind zweifellos durch die Windverhältnisse, letztere wieder durch die Luftdruckverteilung bestimmt gewesen; wie schon oben angedeutet, werden wir hierin erst nach einigen Jahren klar sehen, wenn die synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeanes für 1903 fertig vorliegen, wobei die Beobachtungen gerade der Stationen von Labrador, Grönland, Island usw. unentbehrlich sind. Höchstwahrscheinlich haben im Winter 1902/03 und Frühjahre 1903 über dem Gebiete des Labradorstromes vorwiegend Nordwest- und Nordwinde geweht, über dem Gebiete des Golfstromes Süd-, Südwest- und Westwinde, also Winde, die in beiden Fällen Anlaß zu einer Beschleunigung der Strömung und damit auch zu schärferer Ausprägung der ihnen eigentümlichen Wärmeverhältnisse gegeben haben werden.

Es sind diese Angaben nicht lediglich Vermutungen; denn eine Untersuchung über die Treibeisgrenzen in den Neufundlandgewässern der Jahre 1880 bis 1891 zeigt im besondern für die Jahre 1881 und 1884, die hinsichtlich der Eismengen grundverschieden waren, daß auch die vorwiegenden Winde dieser zwei Jahre in den entsprechenden Monaten (Januar bis April) ungemein verschieden waren, ja fast entgegengesetzte Richtungen hatten. Das eisarme Jahr 1881 brachte nämlich im Labradorstromgebiete ganz vorwiegend östliche und nordöstliche Winde (mit Ausnahme des Februar), im Golfstromgebiete nördliche und nordwestliche Winde, fast gar keine südlichen Winde (wiederum mit Ausnahme des Februar); das sehr eisreiche Jahr 1884 dagegen — mit welchem das Jahr 1903 zu vergleichen wäre — zeigte über dem Labradorstrome nahezu ausschließlich Nord- und Nordwestwinde, über dem Golfstrome aber vorherrschende West-, Südwest- und Südwinde. Diesen durchgreifenden Unterschied in der allgemeinen Richtung der Luftbewegung der Monate Dezember 1880 bis April 1881 einerseits und der Monate Dezember 1880 bis April 1884 anderseits erhält man bei einer auf Grund der täglichen synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeanes vorgenommenen Auszählung der beobachteten, bzw. abgeleiteten Windrichtungen. Noch klarer und einfacher fast ergibt sich dieser

Unterschied aus einem Vergleiche der den eben erwähnten Karten beigefügten mittlern Monatsisobaren, indem man nach dem Vorgange von Meinardus und Brennecke aus diesen Isobaren die mittlere Zirkulationsrichtung der Luft ableitet. Im eisarmen Winter und Frühjahre 1881 lag — immer mit Ausnahme des Februar — das nordatlantische Luftdruckminimum vergleichsweise sehr weit südlich, auf 45° nördl. Br., ja sogar in der Nähe der Azoren, und anderseits so weit westlich wie die Ostküste von Neufundland; im eisreichen Winter und Frühjahre 1884 aber finden wir das Zentrum der Depressionen fast immer bei Kap Farewell und bei Island, zeitweise in einer flachen Rinne nach SW bis zur Ostküste der Vereinigten Staaten ausgreifend. Aus all diesem geht hervor, daß die Luftdruckverteilung schließlich auch für die Eisverbreitung in der Nähe der Neufundlandbank von maßgebendem Einflusse wird, wie dies Brennecke an einem andern Beispiele, an der Lage der Eisgrenze zwischen Grönland, Island und Spitzbergen in den verschiedenen Jahren, klar nachgewiesen hat. — Nebenbei sei bemerkt, daß auffälligerweise das Jahr 1881, welches ganz ungewöhnlich eisarm auf der Neufundlandseite gewesen ist, im Nordosten des Atlantischen Ozeanes, also zwischen Island und Spitzbergen, sehr eisreich sich gezeigt hat, und daß in entsprechender Weise das im Westen, d. h. bei Neufundland, sehr eisreiche Jahr 1884 ein eisarmes für den Nordosten, für Island und Spitzbergen gewesen ist. In einer besondern Untersuchung wird demnächst festgestellt werden, ob regelmäßig solch gegensätzliches Verhalten hinsichtlich der relativen Eismenge zwischen den bezeichneten zwei Meeresgebieten besteht oder nicht. Auch die Abhängigkeit des Eisreichtumes oder der Eisarmut von Strom, Wind, Luftdruck in der Neufundlandgegend sollte für eine längere Periode klargestellt werden; hier konnte nur auf die Jahre 1881 und 1884 hingewiesen werden, um das Typische der Verhältnisse festzulegen.

Die vorstehenden Darlegungen sollen nun keineswegs ausschließen, daß im Jahre 1903 das Eis als solches die Temperaturen des Meerwassers auch beeinflußt hat; es muß gewiß ursächlich, und zwar als zweiter Faktor, bei der Erklärung der besondern Wärmeverhältnisse des Ozeanes im Jahre 1903 auch herangezogen werden. Aber die Hauptfrage ist dabei diejenige nach der regionalen und zeitlichen Begrenzung speziell dieses Einflusses des Eisvorkommens. Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß das Eis schon vom Monate März ab bis Juli einschließlich die Schiffahrtswege in der Neufundlandgegend belästigt hat, daß die dort seit Februar bestehende positive Temperaturanomalie aber erst vom Mai ab verschwindet, so hat das Eis, dessen thermischer Einfluß mit in den allgemeinen thermischen Änderungen aufgegangen ist, etwa zwei Monate gebraucht, bis seine Wirkung offensichtlich wurde; diese thermische Wirkung wird dann anderseits im Herbste auch etwa zwei Monate länger bestanden haben, nachdem das Eis als solches schon verschwunden

war. Wir kommen damit zu dem Schlusse, daß eine direkte Beeinflussung der Wassertemperatur durch das Eis im Bereiche der neufundländischen Gewässer für die Monate Mai bis September 1903 einschließlich wahrscheinlich stattgefunden hat; sichere Beweise für eine solche Beeinflussung einzelner Gebiete sind die Fälle, in denen in den Monaten von Mai bis August ein vom normalen jährlichen Temperaturgange abweichender Temperaturgang festgestellt ist. — Zugleich ergibt sich, daß weder im Sommer 1903, in welchem frühestens die Eiswirkung zur europäischen Küste gelangt sein könnte, noch im Herbste 1903 eine Ausdehnung dieses thermischen Einflusses der Eisberge bis herüber nach Europa sich bemerkbar gemacht hat; die für die Längen 35 bis 5° W mitgeteilten Abweichungen vom normalen jährlichen Temperaturverlaufe fallen sämtlich in das Frühjahr. Es ist somit nicht anzunehmen, daß das Eis des Jahres 1903 als solches irgend eine unmittelbare Wirkung auf die Wärmeverhältnisse Westeuropas im Jahre 1903 ausgeübt hat; eine solche Wirkung blieb vielmehr auf die Neufundlandgegend beschränkt und zeigte sich auch in der letztgenannten Gegend nur zeitweise in den Monaten Mai bis September.

Eine solche Einschränkung der Bedeutung des Eisvorkommens für die Meerestemperatur dürfte auch den Anschauungen der nautischen, praktischen Kreise entsprechen. Selbst in den Neufundlandgewässern macht sich die vom Eise bedingte Abkühlung nur erst einer besondern Untersuchung bemerkbar, welche die normalen Werte und den normalen jährlichen Gang zum Vergleiche heranzieht. Im übrigen ist auch im Jahre 1903 die alte Erfahrung bestätigt worden, daß das Eis im Nebel keineswegs mit irgend einer Sicherheit durch ein unvermitteltes und unverkennbares Fallen der Wassertemperatur angezeigt wird; zahlreiche Fälle sind gemeldet, in denen gewaltige Eismassen ringsum waren, ohne daß vor- und nachher erhebliche Änderungen der Wasserwärme zur Beobachtung gelangten, anderseits ebenso viele Fälle, in denen bei klarem Wetter weit und breit kein Eis zu sehen war, und doch riesige und plötzliche Temperatursprünge eintraten. Die ozeanographischen Verhältnisse liegen eben, zumal bei der Neufundlandbank, zu verwickelt, als daß man bei dickem Wetter irgend eine einwandfreie, sichere Warnung vor Eis aus den Wassertemperaturen erhalten oder ableiten könnte. Im besondern ist der meist plötzliche Temperaturrückgang, den alle die konventionellen Wege benutzenden Dampfer zu allen Jahreszeiten zwischen 52 und 48° westl. L., besonders unter 50 oder 49° westl. L., beobachten, mögen sie westwärts oder ostwärts bestimmt sein, eine feststehende ozeanographische Erscheinung, die mit dem Eise als solchem nichts zu tun hat. Aufmerksamkeit bei den Schiffsführern erwecken und eine leise Mahnung zu vermehrter Vorsicht geben sollten Temperatursprünge aber dann, wenn sie außerhalb der eben bezeichneten Längengrade in Gegenden auftreten, die nach sonstigen Erfahrungen Eisberge oder Treibeis gelegentlich führen."

Das Tiefenstromsystem des Stillen Ozeanes und die Entstehung der Kalifornienströmung besprach S. E. Bishop im zweiten Septemberhefte von „Science". Er führt letztere auf die antarktische Tiefenströmung zurück, statt sie als Fortsetzung des Kuro-shiwo anzusehen. Letzteres könne aus zwei Gründen nicht sein. Der Kuro-shiwo breitet sich aus, verliert infolgedessen an Mächtigkeit und kann an der amerikanischen Küste nicht als starker Strom erscheinen. Ferner ist der Kalifornienstrom zu kalt. Wenn er die Wassermassen des Kuro-shiwo weiterführte, so folgte aus der Geschwindigkeit, daß der Kuro-shiwo der starke Strom geblieben ist. Dann müßte er sich aber die Wärme erhalten haben.

Eine aus der Antarktis stammende ungeheuere Wassermasse von nur 1.6° füllt die Tiefen des Stillen Ozeanes. Während im Atlantischen Ozeane kalte Tiefseeströmungen auch aus der Arktis zum Äquator fließen, sich hier mit den antarktischen Massen stauen und an die Oberfläche steigen, fehlt dem Stillen Ozeane bei seiner fast völligen Abgeschlossenheit gegen das nördliche Eismeer dieser Zufluß aus dem Norden. Es unterbleibt der gegenseitige Auftrieb, und der antarktische Tiefenstrom, der bei der großen Front des Ozeanes gegen das südliche Eismeer sehr mächtig ist, fließt weiter nach Norden, wobei er durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt und gegen den amerikanischen Kontinent gedrängt wird. Zugleich vergrößert er auch seine Geschwindigkeit, da der Querschnitt, den er durchfließt, nach Norden immer kleiner wird. Durch fortdauernden Nachschub verstärkt, muß der Tiefenstrom sich aber einen Ausweg suchen.

In der Höhe von Vancouver setzt nun der kalte, starke Kalifornienstrom ein, und Bishop schließt aus seinen Ausführungen, daß es nur das Wasser des antarktischen Tiefenstromes sein kann, das hier an die Oberfläche tritt, um dann auf das Klima der Westküste der Union seinen bedeutsamen Einfluß auszuüben. Unter dem 30. Breitengrade biegt der Kalifornienstrom nach SW ab und fügt sich in die Äquatorialströmung des NO-Passates ein. Bemerkt sei noch, daß Bishop selbst auf die Notwendigkeit, seine Theorie durch Lotungen und Messungen zu prüfen, hinweist.

Die Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres sind von W. Brennecke untersucht worden.[1]) Während in günstigen Jahren die Umsegelung Spitzbergens und der Zugang zur grönländischen Küste keine Schwierigkeiten bietet, ist in eisreichen Jahren Spitzbergen vollständig von Eismassen umgeben; das Erreichen der ostgrönländischen Küste ist für die Schiffe oft unmöglich, und mächtige Eisfelder halten den Sommer hindurch die Nord-, Ost- und zu Zeiten auch die Südküste

[1]) Annalen d. Hydrographie **32**. p. 49.

Islands besetzt. Diese wechselnden Eisverhältnisse beeinflussen unzweifelhaft die Temperatur des Ostgrönländischen Meeres, da ein großer Teil des Eises hier infolge der Wärme der Luft und der von Süden kommenden Strömungen geschmolzen wird; in eisreichen Jahren wird die Temperatur des Meeres durch den Schmelzprozeß erheblich mehr erniedrigt werden wie in eisarmen Jahren. Demzufolge wird sich auch ein Einfluß auf die Witterung der diese Meere begrenzenden Festländer wahrscheinlich bemerkbar machen. Gleichzeitig ist aber anzunehmen, daß der größere oder geringere Transport von Eis nach südlichern Gegenden veranlaßt ist durch Schwankungen in der Luftdruckverteilung über dem Grönländischen Meere, da durch dieselbe die Richtung und Stärke der Winde bedingt wird, welche eine Ausdehnung des Eises entweder begünstigen oder verhindern.

Diese Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres und den Zusammenhang außerordentlich eisreicher oder eisarmer Jahre mit einer negativen oder positiven Temperaturanomalie Islands und des nördlichen Europa festzustellen, war der Zweck der Untersuchung. Schon eine bloße Übersicht der Eisverhältnisse in den Jahren 1877 bis 1896 lehrt, daß die Eisgrenze sich in den einzelnen Jahren um Hunderte von Seemeilen westöstlich verschieben kann. Es handelte sich nun darum, aus der Gesamtzahl der Eisjahre diejenigen, welche sich entweder durch außerordentlichen Eisreichtum oder durch außergewöhnliche Eisarmut auszeichneten, mit Sicherheit zu sondern. Hierbei war zu unterscheiden, daß die Eisverhältnisse im Norden und Süden des Meeres zwischen Spitzbergen und Island oft verschieden sind, daß also ein Eisjahr für Island ungünstig sein kann, während die Eisgrenze nördlich von Island normal ist, und umgekehrt. Es hat sich aber ergeben, daß außergewöhnlich ungünstige Eisverhältnisse im Ostgrönländischen Meere sich auch stets bei Island bemerkbar machen.

Demgemäß hat Verf. als außergewöhnlich eisreiche Jahre einerseits diejenigen angesehen, in welchen das Eis im Frühlinge oder Sommer bis zur Südküste Islands vorgedrungen ist, wie 1881 und 1888, anderseits diejenigen, in welchen Jan Mayen noch im Juni oder Juli dicht besetzt von Eis war, d. h. die Eisgrenze östlich von Jan Mayen verlief wie 1881, 1882 und 1891. Als außergewöhnlich eisarme Jahre hat er diejenigen ausgewählt, in welchen bei Island fast gar kein Eis gesehen worden ist, und auch keine Berichte über anomale Eismassen im Ostgrönländischen Meere vorlagen; es sind dieses die Jahre 1884 und 1889.

„Der Transport des Eises ist abhängig von den Strömungen, welche ihrerseits bedingt sind durch die Tiefenverhältnisse des Meeres, die Konfiguration der Festländer, durch Kompensation, durch Dichtigkeitsunterschiede und in der Hauptsache durch die Strömungen

der Atmosphäre, die Winde. Die beiden erstern Faktoren sind wegen ihrer relativen Unveränderlichkeit auszuschließen, auch kann die Kompensation vernachlässigt werden. Es sind also nur die Schwankungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Meeres und in den Strömungen der Atmosphäre in Betracht zu ziehen. Die Dichtigkeitsverhältnisse sind abhängig von der Temperatur und dem Salzgehalte des Wassers, welche beide in den verschiedenen Jahren erheblich variieren können, jedoch kann die Ursache für diese großen jährlichen Änderungen nur in den Strömungen selbst gefunden werden. Es ergibt sich demnach, daß als einzig zu berücksichtigender Faktor für die Änderungen der Strömungsverhältnisse nur Änderungen in den Strömungen der Atmosphäre — den Windverhältnissen — in Betracht kommen.

Der Einfluß des Windes auf die Bewegung des Eises wird von allen Polarfahrern betont, und aus der Erfahrung, welche die Führer der von Eis besetzten Schiffe gemacht haben, geht mit Sicherheit hervor, daß die lokale Grenze des Eises einzig und allein durch den Wind bestimmt wird. So kann ein Sturm, welcher in jenen Gegenden oft mehrere Tage hindurch aus derselben Richtung weht, große Veränderungen in der Lage der einzelnen Eisfelder hervorrufen und freies Fahrwasser schaffen, wo vorher dichtes Packeis sich ausdehnte, und umgekehrt....

Den großen Einfluß der Luftdruckverteilung auf die Meeresströmungen erkennen wir sofort, wenn wir die Strömungskarte des Nordatlantischen Ozeanes mit einer Isobarenkarte vergleichen. Wir sehen den Golfstrom unter dem Einflusse südwestlicher Winde, welche bedingt werden durch die sich von Neufundland über Island bis zum Nordkap erstreckende Luftdruckfurche, in das Nördliche Eismeer eintreten, während anderseits nördliche Winde den Polarstrom an der Westseite der Depression entlang dem Süden zuführen. Wenn wir auch die sonstigen Ursachen, wie Erdrotation, Kompensation, Dichtigkeitsunterschiede und anderes nicht übersehen dürfen, so zeigt der Vergleich der Strömungs- und Luftdruckkarten doch eine solch hervorragende Übereinstimmung, daß wir den Luftströmungen den Hauptanteil an der Erzeugung dieser Meeresströmungen zuschreiben können.

Die Wirkung der Luftströmungen auf die Meeresströmung muß sich noch verstärken, wenn die Oberfläche des Meeres mit Eisschollen und -bergen bedeckt ist, da die Angriffsfläche der Kraft vergrößert wird, indem jede Unebenheit als Segel wirkt. Demgemäß werden Schwankungen in den Windverhältnissen auf einem eisbedeckten, nicht durch Küsten eingeengten Meere auch leichter Veränderungen in den Oberflächenströmungen herbeiführen wie unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Diese Tatsache, daß sich periodische Schwankungen in der Luftdruckverteilung auch in der Intensität der Meeresströmungen be-

merkbar machen, verstärkt die Aussicht, auch die größere oder geringere Ausbreitung des Polareises im Ostgrönländischen Meere auf Änderungen der Luftdruckverteilung über diesem Gebiete zurückzuführen, wenn dieselben längere Zeit hindurch in demselben Sinne andauern."

Die Untersuchung im einzelnen, bezüglich deren auf das Original verwiesen werden muß, bestätigt dies, und Verf. geht dann zur Untersuchung der Temperaturverhältnisse der Luft und des Meeres in den ungewöhnlich eisreichen und eisarmen Jahren über. Die Ergebnisse seiner Arbeit faßt er in folgende Sätze zusammen:

I. Die Lage der Eisgrenze im Sommer zwischen Spitzbergen, Grönland und Island ist abhängig von der Größe des Luftdruckgradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Monaten März bis Mai.

II. Als Ursache der anomal großen Luftdruckdifferenz Grönland-Nordskandinavien, welche eine Ausbreitung des Eises herbeiführt, kann einerseits die Vertiefung des bei Nordskandinavien befindlichen Minimums, anderseits die Verstärkung des grönländischen Hochdruckgebietes angesehen werden.

III. Von Einfluß auf die Lage der Eisgrenze im Ostgrönländischen Meere ist auch die Größe des Gradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Wintermonaten; jedoch ist sie dies erst in zweiter Linie.

IV. In den ungemein eisreichen Jahren zeigt sich eine Herabsetzung der Oberflächentemperatur des Ostgrönländischen Meeres und der Lufttemperatur auf Island und im nördlichen Europa (März bis Mai), während in den eisarmen Jahren die Temperatur stets höher ist wie in normalen Jahren.

Die Meeresströmungen im Golfe von Guinea schilderte Dr. E. Wendt[1]) auf Grund des zurzeit vorhandenen Beobachtungsmateriales. Es sind drei große Strömungen: die Guineaströmung, die Benguelaströmung und die Südatlantische Äquatorialströmung.

Die Guineaströmung entsendet zu jeder Jahreszeit einen östlichen Arm in den Golf hinein, der infolge der seitlichen Einengung durch das Festland seine Geschwindigkeit vermehrt; die südafrikanische setzt in nördlicher bis nordwestlicher Richtung in den Golf hinein. Im Innern der Bucht treffen sich beide Strömungen, und manchmal gewinnt die eine, manchmal die andere die Oberhand. Unterscheiden kann man beide außer an der Richtung auch an der Temperatur, Farbe und Durchsichtigkeit ihres Wassers. Die Guineaströmung ist eine warme, die Benguelaströmung eine von Süd kommende, mithin kalte Strömung; die erstere zeichnet sich durch dunkelblaue Farbe und Klarheit aus, die letztere hat graugrüne Färbung und geringere Durchsichtigkeit.

Auf einigen Karten findet man den Benguelastrom als längs der Küste hin bis zum Äquator setzend gezeichnet, auf andern Karten wieder, z. B. in dem von der deutschen Seewarte herausgegebenen „Atlas des Atlantischen Ozeanes"

---

[1]) Annalen d. Hydrographie **32**. p. 209.

in der ersten Auflage, setzt ein Ausläufer des Guineastromes weit die Küste entlang nach Süden. Beide Darstellungen sind falsch. Nach Pechuel-Loesche, der diese Verhältnisse auf seiner Loangoexpedition eingehend studiert hat, reicht die Landnähe des Benguelastromes im allgemeinen nur bis zum Kuilu ($4^1/_2{}^0$ südl. Br.) und zeitweise selbst nicht einmal bis hier hin, von da ab wendet er sich immer mehr vom Lande weg in nordwestlicher Richtung, seiner Aufgabe als Kompensationsstrom Folge leistend und beeinflußt durch die Erdrotation. Häufig wird er durch eine südliche Strömung von tiefblauer Farbe und höherer Temperatur von der Küste abgedrängt, offenbar eine Fortsetzung des Guineastromes, welche für gewöhnlich bis Kap Matuti ($3^1/_2{}^0$ südl. Br.), häufig bis zum Kuilu und mitunter sogar über die Mündung des Kongo hinausreicht. Wenn dieser Strom setzt, steigt die Temperatur des Wassers; die Farbe, die vorher graugrün war, wird dunkelblau; die Gegenstände, die sonst mit der Strömung nach Norden trieben, nehmen nun ihren Weg nach Süden, die mündenden Flüsse, deren Gewässer bei der sonst herrschenden Strömung sich hauptsächlich nach Norden ausbreiteten, werden nun nach Süden abgelenkt, und es erscheinen Meeresbewohner, die sonst nicht in jener Gegend vorkommen. Was diese Beobachtungen Pechuel-Loesches lehren, wird im großen und ganzen durch Schiffsversetzungen und Flaschenposten bestätigt.

Über die durchschnittliche Lage des Benguelastromes und der im Golfe herrschenden Strömungen überhaupt werden am besten die beiden Stromkarten Aufschluß geben, durch welche die Wissenschaft in neuester Zeit bereichert worden ist. Die eine derselben rührt von Prof. Dr. Schott her, der sie dem von ihm bearbeiteten ersten Bande des „Valdivia"-Werkes beigefügt hat, leider aber ohne Angabe des zu ihrem Entwurfe benutzten Materiales. Die andere verdanken wir Prof. Krümmel, sie ist in dem von der Deutschen Seewarte in zweiter Auflage herausgegebenen „Atlas des Atlantischen Ozeanes" enthalten und hat das gesammelte Beobachtungsmaterial der Deutschen Seewarte zur Grundlage. Auf beiden Karten findet man Darstellungen der Strömungen im äquatorialen Teile des Atlantischen Ozeanes, eine für den Nordwinter und eine für den Nordsommer. Nach der Schottschen Karte sendet der Benguelastrom sogar schon bei Kap Frio entsprechend seinem frühern Verlaufe an der südwestafrikanischen Küste und durch die Rotation der Erde nach links abgelenkt, seine Hauptwassermassen in nordwestlicher Richtung in den Ozean. Im Nordsommer setzt die Benguelaströmung auch weiter nordwärts ablandig, im nördlichen Winter aber gehen einige Ausläufer in nördliche Richtung, zum Teile auf die Küste zu. Nachdem die nördlichen Teile der Benguelaströmung ihr Wasser an der Tropensonne erwärmt und den Äquator überschritten haben, biegen sie nach Ost um, während des Nordwinters in schwächerm, während des Nordsommers in stärkerm Maße, und folgen dem Guineastrom, der die Bucht von Biafra bis zur östlichen Küste hin durchsetzt. Die Krümmelsche Darstellung unterscheidet sich von der Schottschen in mehrfacher Beziehung. Der Benguelastrom setzt stets als kalter Strom bis nach Loanda hinauf von der Küste fort in nordnordwestlicher bis nordwestlicher Richtung in den Ozean hinein; der warme Guineastrom hingegen biegt in der Bucht von Biafra nach Süden und zum größten Teile weiter nach Südwesten und Westen in die Richtung der Benguelaströmung um und entsendet einen ganz schmalen, im Nordsommer etwas breitern Arm längs der afrikanischen Küste nach Süden bis nach etwa 3^0 südl. Br. hin.

Es ist schwer, aus diesen sich zum Teile widersprechenden Darstellungen das Richtige auszuwählen.

Dr. E. Wendt bemerkt, daß diese Strömungsverhältnisse im östlichen und nordöstlichen Teile des Golfes so überaus wechselreich sind, daß man vielleicht gar nicht von einem mittlern Zustande sprechen könne. Er zeigt speziell an einigen Beispielen den wechselnden Erfolg, mit welchem Guinea- und Benguelaströmung miteinander ringen. Seine Anschauungen faßt er wie folgt zusammen: „Bei Kap Palmas und weiter östlich bis zur Mitte des Golfes hin setzt der

Guineastrom zu allen Jahreszeiten mit großer Kraft und Beständigkeit. In der östlichen Hälfte des Golfes aber ist er so verschiedenartig und unregelmäßig ausgebildet, daß man kaum von einem mittlern Zustande der Strömungen wird sprechen dürfen. Mitunter ergießt er seine blauen Gewässer mit großer Geschwindigkeit längs der Küste von Oberguinea ostwärts bis zur Bucht von Biafra und entsendet bei besonders starker Ausbildung südöstliche und südliche Ausläufer die Küste von Niederguinea entlang, oder es werden die von ihm herangetragenen Wassermassen in der Bucht von Biafra durch südwestliche Winde aufgestaut. Aber weder der erstere (Krümmelsche Karte), noch der letztere Zustand (Schottsche Karte) ist als der mittlere anzusehen, vielmehr stellt jeder von ihnen nur einen (besonders im nördlichen Sommer) häufiger wiederkehrenden Typ im wechselvollen Spiele der Strömungen dar. Selbst bei kräftiger, noch mehr aber bei schwächerer Entwicklung des Guineastromes zeigen sich auf östlicher Länge, vor allem in der Nähe der Küste, westliche durch verschiedene Faktoren (Winde, Gezeiten, Dünung, Flußwasser) bedingte Gegenströmungen. Häufiger setzt der Guineastrom nördlich in die Bucht von Benin hinein. Dieselbe Mannigfaltigkeit der Strömungen zeigt sich an der Küste von Niederguinea, wo sich manchmal Ausläufer des Benguelastromes weit nach Norden (bis in die nördlichen Teile der Bucht von Biafra) manchmal Ausläufer des Guineastromes weit nach Süden (bis zum Kongo) erstrecken. Im südwestlichen Teile des Golfes setzt dagegen die Benguelaströmung, bzw. die südatlantische Äquatorialströmung mit großer Beständigkeit in west- bis nordwestlicher Richtung."

Die niederländische Tiefseeexpedition der „Siboga" in die Gewässer des hinterindischen Archipels. Dieselbe begann am 7. März 1899 und endigte am 27. Februar 1900. Über die Ergebnisse derselben sind wissenschaftliche Berichte von Prof. M. Weber und F-Kapitän G. F. Tydeman veröffentlicht worden, und Prof. Dr. G. Schott gibt davon einen kritischen Auszug,[1]) dem das Nachfolgende entnommen ist.

Ausgangs- und Endpunkt war Surabaya. Eine dem wissenschaftlichen Werke von Tydeman beigegebene Kurskarte in dem Maßstabe 1 : 3 000 000 läßt die sehr vielen Kreuz- und Querfahrten der „Siboga" deutlich erkennen. Die Fahrt ging zunächst nach der Lombok- und der Allasstraße, dann zur Savusee, von dort nordwärts zur Makassarstraße in die Celebessee, ostwärts bis nach Djilolo und der Westküste Neuguineas; hierauf wandte die „Siboga" sich wieder westwärts nach Ceram zur Manipastraße zwischen Ceram und Buru, nach Amboina und über die Sulainseln nach Buton an der Südostseite von Celebes und nach Saleyer. Von da wurde die Bandasee wiederum, aber auf Ostkurs, durchquert und bis zu den Key- und Aruinseln im Osten vorgedrungen. Der letzte Teil der Untersuchungsfahrten galt der Südostküste von Timor, von wo man, an der Südküste von Flores, an der Nordküste Sumbawas entlang gehend, Surabaya wieder erreichte. Der Reisebericht Webers enthält viele geographische, geologische und biologische Ausführungen von besonderm Interesse, ohne daß hierauf an dieser Stelle eingegangen werden kann. Wie schon

[1]) Annalen d. Hydrographie **32**. p. 97.

die nur in großen Zügen angegebene Reiseroute vermuten läßt, ist eine sehr große Zahl von Inseln und Inselchen jener Tropenwelt besucht worden, die zum Teile nur sehr selten, zum Teile noch nie eine selbst karge Beschreibung erfahren haben.

Über die allgemeinen, bei der Befahrung des östlichen Teiles des Archipels in Betracht kommenden Gesichtspunkte spricht sich Tydeman wie folgt aus. Obschon die Seekarte des ostindischen Archipels östlich von Celebes fast ganz, westlich von Celebes zu einem großen Teile noch aus einer Kompilation flüchtiger Beobachtungen und einzelner Daten besteht, so darf doch die Schiffahrt in den Hauptfahrwassern und in den gebräuchlichsten Durchfahrten nicht für so gefährlich erklärt werden (wenigstens für Dampfer), als es noch hier und da wohl geschieht. Es ist, wenn man von der unmittelbaren Nachbarschaft der vielen Inseln und dem Innern mancher Kanäle absieht, nicht wahrscheinlich, daß in diesen Gewässern, deren Tiefen beträchtliche sind, und die im Laufe der Jahrhunderte schon viel befahren worden sind, noch viele unbekannte Gefahren vorhanden sind. Anderseits ist es aber wahrscheinlich, daß die Positionen, die für einige der isolierten gefährlichen Untiefen in den Seekarten gegeben sind, noch mehr oder weniger ungenau sind.

Ein Umstand, von dem die Navigierung in diesem östlichen Teile des Archipels nahezu überall Nutzen zieht, ist die große Durchsichtigkeit des Wassers. Öfters sah man den Grund bei 18 bis 22 *m* (10 bis 12 Faden) Tiefe deutlich, manchmal sogar bei Mondschein. Dunkle Flecken des Grundes wurden nicht selten noch bei 27 *m* (15 Faden) gesehen. Eine Ausnahme in dieser Beziehung bilden die an die Westküste Neuguineas grenzenden Gewässer, wo muddiger Grund über größere Flächen sich ausbreitet.

Was die Kenntnis der Strömungen anbelangt, so bestätigen die in dieser Hinsicht erlangten Beobachtungen die Regeln, daß das Oberflächenwasser der vorwiegenden Richtung des Monsuns folgt, daß die Gezeitenströmungen im allgemeinen eine mäßige Geschwindigkeit haben, in Durchfahrten aber und Straßen sehr stark werden können. Für die Kenntnis der Bewegungen der tiefern Schichten brachten die häufigen Tiefseearbeiten, besonders die Fischereien, mancherlei Anhalt. Meist ist das Wasser der offenen See in den 100 oder 150 *m* überschreitenden Tiefen unbewegt, dagegen zeigen die Schichten von 0 bis 100, 150 *m* in den meisten Fällen deutliches Strömen. Wahrscheinlich reicht bis zu dieser Tiefe die Wirkung des Gezeitenphänomens; es würde diese Annahme gut zu den Temperaturbeobachtungen stimmen, die im Archipel in den entsprechenden Tiefen gemacht wurden. In der obern Schicht bis etwa 100 *m* nimmt die Wasserwärme nur sehr wenig und langsam ab, dann aber schnell.

Häufig genug kamen auch erhebliche Abweichungen von diesem einfachen Schema vor; so konnte man z. B. in der Manipastraße (zwischen Buru und Ceram) feststellen, daß das Wasser zwischen

0 und 100 *m* in der Hauptsache bewegungslos war (Wirkung der Gezeiten zur Zeit der Beobachtung), von 100 bis 800 *m* Tiefe aber entschieden nach Norden strömte (Trift des Südostmonsuns) und in den 800 *m* überschreitenden Tiefen wieder nahezu still stand.

Tydemans schöne Tiefenkarte beruht auf sorgsamster Verwertung des gesamten verfügbaren Materiales und ist weitaus die beste, jetzt vorliegende Darstellung der Bodenformen der hinterindischen Gewässer. Sehen wir ab von der großen Zahl kleinerer Gebiete, in denen neue, sekundäre Becken entdeckt worden sind oder schon bekannte eine genauere morphologische Erforschung erfahren haben, so sind zwei Fälle, welche beide die Bandasee betreffen, von allgemeinerm Interesse, zumal größere Terrainformen in Frage stehen. Unter der Bandasee wird das Meeresgebiet verstanden, welches begrenzt wird im Osten durch die Keiinsel und Timor Laut, im Süden durch Sermata und Wetter, im Westen durch eine Linie etwa von der Floresstraße nach Buton (Südostcelebes), im Norden durch die Sulainseln, Buru und Ceram.

Im nordwestlichen Teile dieses vielgestaltigen Beckens, und zwar zwischen Buton und Sula Besi, hatte das deutsche Segelschiff „Karl" im Dezember 1882 auf einer Reise von Antwerpen nach Tientsin, aus der Butonpassage kommend und nach der Pittspassage steuernd, elf Lotungen, die nur Tiefen von 99 bis 216 *m* ergaben, ausgeführt; auch die Bodenbeschaffenheit, fast durchweg Steine und Sand, war festgestellt worden. In dem Reiseberichte hatte der Kapitän noch die ausdrückliche Bemerkung angefügt: „Die vorstehenden Lotungen sind zuverlässig, weil das Schiff bei der Anstellung derselben seinen Ort wenig veränderte. Spätere Versuche in der Pittspassage waren ohne Resultate, weil mit 360 *m* (200 Faden) Leine der Meeresgrund nicht erreicht wurde. Da dieser unterseeische Verbindungsrücken von weittragender Bedeutung z. B. für den Wasseraustausch mit dem Stillen Ozeane sein würde, so gedachte die „Siboga", auf ihm zu arbeiten, fand aber nirgends mit 500 *m*, an einer Stelle auch nicht mit 4892 *m* Grund! Auch die am Nordostausgange der Butonpassage in der Nähe der „Karl"-Lotungen angestellten Tiefseemessungen der „Bali" ergaben nur ganz große Tiefen. Weber erklärt die Lotungen des „Karl" auf Grund seiner Messungen für phantastisch, sie sind deshalb neuerdings von den holländischen Seekarten getilgt worden. Anderseits sind aber unsere deutschen Seeleute viel zu ernst, um phantastische Dinge zu berichten, und der Umstand, daß Bodenproben gewonnen sind, läßt an der Tatsächlichkeit und Zuverlässigkeit der Messungen in der Tat keinen Zweifel; es kommt hinzu, daß auch kein Irrtum hinsichtlich der geographischen Positionen vorliegen kann, weil der „Karl" an den erwähnten Tagen wirklich jene Meeresgegend passiert hat. Die Deutsche Seewarte hat nachträgliche Aufklärung zu erlangen versucht, aber Kapt. Kraeft ist leider bereits verstorben. Daß eine einzelne, lokale Untiefe bei spätern Nach-

forschungen nicht gefunden wird, ist ja ein ganz gewöhnliches Vorkommnis; hier handelt es sich aber um einen über mehrere hundert Seemeilen sich erstreckenden flachen Rücken. Man wird fast zu der Annahme gedrängt, daß in diesem Teile der Bandasee seit 1882 mächtige, gewaltsame (vulkanische?) Änderungen im submarinen Reliefe eingetreten sein müssen, obgleich auch dies ein ganz ungewöhnliches, in solchem Umfange wohl noch nirgends festgestelltes Ereignis bedeuten würde. Bei der Wichtigkeit der Angelegenheit in ozeanographischer Hinsicht ist es schade, daß die „Siboga“ mit ihren fünf Lotungen niemals den Boden erreicht hat; es fehlt somit die Angabe der heutigen Bodenbeschaffenheit in jener kritischen Meeresgegend, ein ganz unerläßlicher Faktor für eine Beurteilung der Sachlage.

Während damit im Nordwestteile der Bandasee ein bisher bemerkenswerter Charakterzug der Tiefenformen vorläufig getilgt erscheint, sind im entgegengesetzten Teile, dem Südostteile, der Bandasee durch die „Siboga“-Arbeiten zwei neue charakteristische Bodenformationen klargestellt, bzw. entdeckt worden. Die Luciparainseln liegen nicht auf einer lokal begrenzten Untiefe, sondern gehören einem 150 Seemeilen langen, aber nur etwa 30 Seemeilen breiten, von SW nach NO ziehenden Rücken an, welcher, „Sibogarücken“ getauft, nicht ganz bis zur Südküste Cerams reicht, vielmehr von letzterer durch eine 4000 *m* tiefe Rinne noch getrennt bleibt; auf diesem Rücken sind keine größern Tiefen als rund 2500 *m* ermittelt, während ringsherum der Boden steil bis auf 4000 *m* und 5000 *m* Tiefe abstürzt. Ein zweiter, zum ersten paralleler Rücken ist durch die Inseln Dammer, Serua und Manuk gekennzeichnet. Zwischen diesem zweiten Rücken nun einerseits und Timor Laut—Keiinseln anderseits liegt eine außerordentlich tiefe, genau sichelförmige Mulde oder Rinne, in der 6505 *m* die bisher bekannte Maximaltiefe darstellt. Durch diese Verhältnisse erhalten unsere Kenntnisse von der vertikalen Gliederung jener östlichsten Meeresteile des Archipels eine vollkommen neue Gestaltung. Nebenbei sei noch hinzugefügt, daß die auf vielen Tiefenkarten eben im Westen von den Bandainseln für 4° 19′ südl. Br. und 129° 20′ östl. Länge angegebene Tiefe von 7315 *m* (4000 Faden) ziemlich sicher nicht existiert, da die „Siboga“ in unmittelbarer Nähe der Stelle und auf ihr selbst nur Lotungen von etwas über 4000 *m* erhielt.

In betreff der Böschungswinkel, die in der Nähe der Küsten und Korallenriffe auftreten, gibt Tydeman zwei charakteristische Beispiele, eins von Kabia, Baarsinsel, das andere von den Luciparainseln, beide in der Bandasee gelegen....

Sieht man von den obersten Tiefen bis 100 und 200 *m* zunächst ab, und zeichnet man sich die Böschungen im gleichen Maßstabe von Tiefen und Entfernungen auf, so erhält man ein naturgetreues, nicht übertieftes Bild von der Gestalt des submarinen Sockels solcher Koralleninseln. Bild und Zahlen stimmen geradezu überraschend gut mit dem überein, was seinerzeit im „Valdivia“-Werke für die Seine-

bank im östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeanes abgeleitet worden ist: hier wie dort bewegen sich die Böschungswinkel bis rund 1000 *m* um etwa 25° (im Maximalbetrage), von da bis 2000 und 3000 *m* um etwa 15°. Es liegen offenbar die gleichen Verhältnisse vor; es handelt sich bei dem Gesamtaufbaue des Sockels wesentlich um vulkanische Kegel, welche das ganze Grundgerüst hergeben, während die Korallen nur für die Ausgestaltung der alleroberstenTeile des Reliefes in Betracht kommen, und Tydeman wird Recht haben, wenn er in den aus der Reihe noch herausfallenden Böschungswinkeln von 50 und 48° bei Lucipara die Neigung erblickt, unter welcher der abgestorbene Korallendetritus sich abzulagern pflegt, d. h. also den natürlichen losen Schuttkegel des festen, lebenden, nahezu senkrecht aufragenden Korallenriffes selbst.

„Die neuen Lotungen zwischen Sumba über Savu nach Timor zeigen, daß größere Tiefen als 1480 *m*, d. h. rund 1500 *m*, nicht existieren; im offenen Indischen Ozeane begegnet man in dieser Tiefe einer Wasserwärme von 4.4°. Da aber die Bodentemperaturen der Savusee nicht 4.4°, sondern nur 3.3° betragen, so muß die Savusee durch mindestens 1700 *m* große Tiefen, in welchen 3.3° zuerst auftritt, mit der Bandasee verbunden sein; diese Verbindung öffnet sich in der Tat in der Ombai- und Wetterpassage, welche überall Rinnen von über 2000 *m* aufweisen. Die Bandasee ihrerseits steht durch die Pittspassage und die Straße zwischen Sulainseln und Obi Major mit der Molukkensee in Verbindung, wobei ebenfalls rund 1600 bis 1700 *m* Wassertiefe überall verfügbar ist; der Wasseraustausch dürfte sich den Weg westlich um Baru wählen, da die Manipastraße zwischen Buru und Ceram, im südlichen Teile zwar sehr tief, im nördlichen Teile durch eine Bank von 1100 bis 1200 *m* gesperrt ist. Von der Bandasee abhängig hinsichtlich ihrer Wärmeverhältnisse in der Tiefe sind auch Flores- und Balisee. Für das letztere Becken, das es nur bis etwa 1500 *m* Tiefe im Höchstbetrage bringt, ist die Notiz wichtig, daß die zwischen Lombok und Bali liegende Lombokstraße in keiner Weise eine tiefe, etwa gar zwei Kontinente (Asien und Australien) trennende Linie darstellt; es besteht vielmehr durch eine Schwelle mit der Maximaltiefe von nur 312 *m* eine Verbindung der zwei kleinen Sundainseln ebensogut, wie dies bei den übrigen kleinen Sundainseln der Fall ist. Die Balisee ist also in der Hauptsache gegen den Indischen Ozean abgeschlossen, und, wie eben gesagt, ein abhängiges Glied der Flores- und Bandasee.

Verfolgen wir von der Bandasee aus den vermutlichen Gang der Grundwasserschichten weiter rückwärts, so gelangen wir endlich durch die Molukkensee in den Stillen Ozean hinaus; eine Verbindung durch die Djilolopassage und Halmaherasee würde nicht durchweg die nötigen Tiefen zur Erklärung der Bodentemperatur von 3.3° liefern. — Die Celebessee muß durch eine Schwelle von rund 1300 *m* Maximaltiefe abgeschlossen sein, da die homotherme Schicht 3.7°

zeigt; in der breiten Öffnung zwischen Mindanao und Gr. Sangir hat aber die „Siboga" bisher über 1638 *m* gefunden. Die Schwelle muß also noch genauer gesucht werden.

Nahezu alle Tiefseebecken der malaiischen Gewässer, welche der Schauplatz der Tätigkeit der „Siboga"-Expedition gewesen sind, stehen also, ozeanographisch gesprochen, in mehr oder weniger direktem Zusammenhange mit dem Stillen Ozeane, nicht mit dem Indischen Ozeane; ausgenommen bleibt nur die Timorsee. Sieht man von den mannigfachen Beziehungen ab, welche diese hinterindischen Becken durch die Oberflächenerscheinungen, wie z. B. Monsuntriften, Gezeitenströmungen u. a. m. zweifellos auch mit dem Indischen Ozeane verbinden, so kann man vom Standpunkte der Tiefseeforschung aus eine vorläufige, in Einzelheiten sicher noch zu verbessernde Grenzlinie zwischen Indischem und Stillem Ozeane vielleicht derart ziehen, daß sie von Bali bis Flores, von da über Sumba, Savu nach Timor und von da nach Timor Laut und den Keiinseln verläuft."

Über Alter und Entstehung der Tiefseebecken macht Prof. J. Walther einige Bemerkungen.[1]) Er fand weder aus paläozoischen noch mesozoischen Ablagerungen ein Gestein, das nach seiner Struktur und Lagerungsform mit den heutigen Sedimenten der Tiefsee übereinstimmte. John Murray war zu denselben Resultaten gekommen. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß nur auf einigen kleinen Inseln wie Malta, Barbados und Christmas-Island echter tertiärer Tiefseeschlick vorkommt, und die lokale Verbreitung desselben spricht mit Sicherheit dafür, daß lokale Hebungen ehemaligen Tiefseebodens den Kern dieser Inseln bildeten. Trotzdem also fast die gesamte Fläche der heutigen Kontinente seit dem Cambrium zu wiederholten Malen ganz oder teilweise vom Ozeane überflutet war, so finden wir auf denselben nur solche Ablagerungen, welche in der Flachsee oder in mittlern Tiefen von 1000 bis 2000 *m* gebildet worden sind.

Das bestätigt durch geologische Beweisführung eine auf Grund theoretischer Erwägungen schon lange aufgestellte Ansicht: „daß die heutige Tiefsee schon seit langen Perioden Tiefsee war, und daß sie ihren Platz auf der Erdkugel seit ihrer Entstehung nicht wesentlich verschoben habe. Die Tiefseebecken erscheinen uns als die großen Quellgebiete des Ozeanes, aus denen das Meer bisweilen weit transgredierende Vorstöße gegen die Kontinente unternimmt, um sich dann wieder in dem riesigen Sammelbecken zu vereinigen. Es läßt sich nun geologisch mit aller Sicherheit zeigen, daß ehemalige Festländer Tiefseeboden geworden sind. So finden wir aus der Devonzeit auf beiden Seiten des Atlantischen Ozeanes, in Nordamerika und

[1]) Naturwiss. Wochenschrift 1904. Nr. 46.

Spitzbergen wie in Schottland und Rußland Ablagerungen großer Süßwasserbecken mit einer ganz charakteristischen Fischfauna. In der Steinkohlenzeit wie der Jura- und Kreideperiode leben dieselben Pflanzen- und Landtiere in Nordamerika wie in Nordeuropa. Alles drängt zu dem Schlusse, daß während dieser langen Perioden eine atlantische Landverbindung zwischen beiden Kontinenten bestand, die heute Tiefseeboden ist. Ähnliche Tatsachen zwingen zu der Annahme, daß der heutige Indische Ozean lange Perioden hindurch von Afrika bis Indien und Australien festländische Brücken besaß.

Neben einigen lokalen Ausnahmen, wo Tiefseeboden wieder landfest geworden ist, gibt es zahlreiche Fälle aus allen Teilen der Erde, wo wir nachweisen können, daß durch Senkung große Stücke der festen Erdrinde in Tiefseeboden verwandelt worden sind. Mit andern Worten: Die Tiefsee hat sich auf Kosten der Flachsee und des Festlandes beständig vergrößert."

Quellen und Höhlen.

Argon und freier Schwefel in Mineralquellen. H. Moissan fand in den der 44° heißen Bordeuquelle zu Luchon entströmenden Gasen 92.22% Stickstoff, 1.22% Methan und 2.56% Argon. Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Sauerstoff und Helium waren in den Gasen nicht vorhanden. Der Schwefelwasserstoffgehalt dieses Quellwassers muß daher auf sekundärer Einwirkung der Luftkohlensäure auf das im Quellwasser gelöste Natriumsulfid zurückzuführen sein. Ferner konnte Moissan in dem 59° heißen Wasser der Grotte zu Luchon freien Schwefel sowohl in Lösung, als auch in den Dämpfen des Wassers nachweisen.

Eine Untersuchung des Gasteiner Thermalwassers auf Emanationsgehalt hat Dr. G. Mache ausgeführt.[1] Durch die Untersuchungen von J. J. Thomson und F. Himstedt ist der Nachweis erbracht worden, daß die Quellwässer eine radioaktive Emanation enthalten, über deren Provenienz die Versuche von J. Elster und H. Geitel dann einigen Aufschluß gaben. Die nächste Frage ist die nach den Eigenschaften dieser Emanation, da deren Kenntnis die Entscheidung ermöglicht, ob man es hier mit der Äußerung eines neuen radioaktiven Körpers zu tun hat oder mit der eines der bereits bekannten. Die Gleichheit des Kondensationspunktes und des Abklingungsgesetzes der Emanation mit der von Radium entwickelten läßt vermuten, daß der in Frage kommende aktive Körper mit Radium identisch ist, und die in Rede stehenden Versuche bilden einen weitern Beleg für die Richtigkeit dieser Anschauung. Sie wurden an

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 226.

dem an Emanation ungemein reichen Wasser der Gasteiner Therme vorgenommen, und zwar mit dem zuerst durch Elster und Geitel verwendeten Glockenapparat. In diesen wurde Luft eingeführt, die das Wasser einige Male in heftigem Blasenstrome passiert und sich so mit Emanation bereichert hatte.

Es gelang zunächst der Nachweis, daß die Emanation im Wasser, das in verschlossener Flasche aufbewahrt wird, nach dem gleichen Gesetze abklingt wie Radiumemanation. Man wird auf Grund dieser Übereinstimmung auch schließen können, daß im Gasteiner Wasser — wenn überhaupt — nur sehr geringe Mengen der radiumhaltigen Substanz selbst vorhanden sind, da sonst das Abklingungsgesetz ein anderes sein müßte.

Ausführlich wurde ferner das für jede Emanation so charakteristische Abklingungsgesetz der induzierten Aktivität untersucht. Es zeigte sich, daß das Gesetz, nach welchem die durch Wasseremanation induzierte Aktivität abklingt, in ganz ausgezeichneter Weise durch die Formel von Curie und Danne ohne irgend welche Änderung der Konstanten dargestellt werden kann. Schließlich wurde auch das Wasser der Wiener Hochquellenleitung in analoger Weise untersucht. Die aus demselben gewonnene Emanation zeigt in allen Stücken qualitativ das gleiche Verhalten wie die der Gasteiner Therme. Im besondern ist auch das Abklingen der induzierten Aktivität durch die Formel von Curie und Danne darstellbar. Doch verhalten sich die in gleichen Quantitäten der beiden Wässer enthaltenen Emanationsmengen ungefähr wie 1 : 1000.

Radioaktivität der Königsquelle in Bath. Dieselbe ist von R. J. Strutt nachgewiesen worden,[1]) und zwar zunächst in den rotgefärbten Ablagerungen an der Innenseite des Brunnens, aus dem das heiße Wasser kommt. In den Röhren und Becken waren die Ablagerungen gleichfalls aktiv, aber schwächer als in der Nähe der Quelle. Auch die Ablagerungen aus den andern heißen Quellen von Bath waren aktiv. Zur Beantwortung der Frage, ob auch das Wasser selbst Radium in Lösung enthalte, wurden 10 *l* Wasser verdampft, der Salzrückstand 14 Tage im verschlossenen Rohre aufbewahrt und erwärmt. Es ergab sich eine Emanation, deren Elektrizitätszerstreuung mehrere Male so groß war wie die der Luft. Die reichste Ablagerung war über 36 mal aktiver als das durch Verdampfen des Wassers erhaltene Salz. Aus der Geschwindigkeit des Verschwindens fand sich, daß die Aktivität vom Radium herrühre. Dies ist auch durch die chemischen Eigenschaften des Wassers bestätigt worden und hat ein besonderes Interesse wegen des Vorkommens von Helium in den Gasen der heißen Quellen von Bath. Strutt berechnet die Menge Radium, welche jährlich von der Quelle,

[1]) Proc. Roy. Soc. **73**. p. 191.

dem Wasser und den Ablagerungen herausbefördert wird, zu $^1/_3$ *g*. Dem steht gegenüber eine Menge von 1000 *l* Helium, die jährlich in den Gasen der Quelle entwickelt werden. Dies Verhältnis zwischen Helium und Radium ist also von derselben Größenordnung wie bei den radioaktiven Mineralien.

Das Versickern des meteorischen Wassers im Boden ist bei Sand, Lehm und Ton von W. Spring durch systematische Versuche studiert worden.[1]) Er kommt zu dem Ergebnisse, daß dasselbe im Boden nicht regelmäßig und entsprechend dem Aufbaue auseinander im allgemeinen parallelen Schichten erfolgen kann. Die im Boden eingeschlossene Luft welche dem Wasser zunächst Platz machen muß, bedingt, daß das Versickern nur an beschränkten Stellen stattfindet, während die übrigen als Kanäle für die entweichende Luft dienen. Im übrigen wird ein erhebliches Versickern nur in denjenigen Landstrichen vor sich gehen, wo die Oberfläche in genügender Mächtigkeit von fließendem oder rieselndem Wasser, von einer ruhenden Wasserschicht oder schmelzendem Schnee bedeckt ist. Gelingt es dann aber dem Wasser, sich einen Weg zur Tiefe zu bahnen, so wird sein Versinken um so rascher erfolgen, je größere Höhen seine in gewissem Maße von der Mächtigkeit der Schichten bestimmte Säule erreicht. Das Wasser wirkt dabei vorzugsweise durch sein Gewicht; hiermit führt es eine wirkliche Austrocknung der obern Schichten herbei, infolge deren letztere von Wasser bis auf die durch Kapillarkräfte gefesselte Feuchtigkeit entleert werden.

Die Karsthydrographie, begründet auf Studien aus Westbosnien, behandelt Dr. A. Grund.[2]) Er weist darauf hin, daß man bisher gewöhnlich den F l u ß als die Ursache der eigentümlichen hydrographischen Erscheinungen der Karstländer auffaßte, während nach den Erfahrungen des Verfassers die eigentliche Ursache derselben in der Q u e l l e zu suchen sei. Das fließende Grundwasser des Karstes bezeichnet Verfasser als K a r s t w a s s e r. Der Dolomit gehört nicht zu den karstbildenden Gesteinen; im Gebiete desselben fehlen die Dolinen fast ganz, während Ablagerungen von Gehängeschutt und Erosionstäler mit gleichsinniger Entwässerungsrichtung auftreten. In Westbosnien zeigt das Karstwasser zwei Hochstände (im Frühjahre und Herbste) und zwei Tiefstände (im Winter und Sommer). Die Wasserstandskurven zeigen gegenüber den Niederschlagskurven zunächst eine Verspätung von einem Monate, so daß z. B. das Maximum der Überschwemmung im Polje von Livno erst

[1]) Ann. d. géolog. Belg. **28** u, **29**. — Naturwiss, Wochenschr. 1904. p. 557.

[2]) Pencks geogr. Abhandl. **7**. Heft 3. — Ein kurzer Auszug im Globus **85**. p. 129, woraus oben der Text.

einen Monat nach dem Niederschlagsmaximum eintritt. Es ist dies ein Beweis dafür, daß diese Überschwemmungen nicht einfach Flußüberschwemmungen mit unzureichendem Abflusse, sondern Grundwasserschwankungen sind. Aus den Schwankungen des Niederschlages und der Karstwasserstände leitet der Verfasser Zahlenwerte für die Klüftung des Gesteines ab; die beträchtlichen Karstwasserschwankungen sind aber auch nach seiner Ansicht völlig genügend, um die meisten Erscheinungen der Karsthydrographie zu erklären. Stauende Hindernisse spielen hierbei eine große Rolle. Die periodisch auftretenden Quellen nennt Verfasser K a r s t q u e l l e n, die perennierenden V a u c l u s e q u e l l e n; beide Typen sind zumeist scharf getrennt, es finden jedoch auch Übergänge statt. Solange die Inundation zunimmt, sind auch die Ponore als Karstquellen zu betrachten. Die Karstwasserschwankungen erklären auch den Unterschied zwischen trocknen, periodisch und dauernd überschwemmten Karstmulden. Die Dauer der Inundation einer Karstwanne hängt davon ab, ob ihr Boden näher dem obern oder untern Karstwasserniveau liegt; das Abfließen verspätet sich ähnlich wie die Füllung des Beckens. Die künstliche Melioration der Karstbecken hat wenig Aussicht auf Erfolg. Die Flüsse der undurchlässigen Schichten sind ganz unabhängig vom Karstwasser; sie haben den Charakter von Torrenten, die hoch über dem Karstwasser fließen und die alleinigen Träger der mechanischen Erosion und Akkumulation sind. Zertalung durch Seitentäler findet man nur auf undurchlässigem Boden; speziell im westbosnischen Karst gibt es nur drei größere Erosionstäler (Unac-Una, Suica, Ricina-Suaja), und ist eine weitere Zertalung überhaupt nicht möglich. Wo die Erosion die undurchlässige Unterlage angeschnitten hat (Narenta, ostbosnisches Hochgebirge), nimmt die Landschaft ganz alpinen Charakter an. Was die Entstehung der Poljen anbelangt, so wird der bekannten Erklärung derselben durch Cvijic aus mehrfachen Gründen widersprochen und für die westbosnischen Poljen der Charakter von tektonischen Senkungsfeldern angenommen; daneben wird aber auch die Existenz solcher Poljen zugegeben, die durch Ausräumung, bzw. Akkumulation entstanden sind. Für die eigentlichen, unterirdisch entwässerten tektonischen Poljen schlägt Verfasser die Bezeichnung K a r s t p o l j e n vor; er weist nach, daß dieselben ursprünglich eine ähnliche Entwicklung durchmachten wie die Senkungsfelder in undurchlässigem Gesteine, und glaubt, daß ihre Entstehung mit dem Einbruche der Adria zeitlich zusammenfallen dürfte.

Der gegenwärtige Zustand der isländischen Geysire. E. Zugmayer gibt eine Schilderung[1]) des isländischen Geysirgebietes und des

[1]) Eine Reise durch Island im Jahre 1902 von E. Zugmayer.

gegenwärtigen Zustandes dieser heißen Springquellen, die von besonderm Interesse ist, da diese Geysire in jüngerer Zeit mehrfache Veränderungen erlitten haben. Als der Reisende mit seiner Begleitung die Gegend, in der sich die berühmten Springquellen befinden, erreichte, sah er vor sich eine weite, sumpfige Ebene, die von einem vielgewundenen Flusse durchzogen war. Nach Nordosten war sie im Halbkreise von hohen Bergen eingeschlossen; in ihrer Mitte erhob sich ein isolierter Hügel aus dunklem Gesteine; sein flacher, südlicher Abhang sah aus, wie von der Sonne beschienen, mit gelber bis orangeroter Farbe; und auf dem ganzen großen lichten Flecke waren dicht aneinander eine Menge von weißen Dampfwolken, unter ihnen eine besonders hohe, die jedenfalls dem großen Geysir zugehörte. Der Hügel, an dessen südöstlichem Abhange das Geysirterrain sich befindet, heißt Laugafjall (das ist Heißerquellenberg). Der überall von Kieselsinter und Schwefel inkrustierte Streifen, auf dem die verschiedenen Quellen entspringen, erschien 200 bis 300 *m* lang und vielleicht halb so breit. Fast überall war der Boden so heiß, daß die Hand nicht lange darauf ruhen konnte, und in zahlreichen dampfenden Bächlein rieselte das heiße Wasser der verschiedenen Sprudel zu Tal, um sich, zu einer stärkern Wasserader vereint, in den Tungnafljot zu ergießen. Der von der Hitze geborstene und von den Wasserdämpfen zermürbte Boden erschien dicht besät mit Löchern, denen teils unter Dröhnen und Brodeln kochendes Wasser entströmte oder die unter bösartigem Zischen und Pfauchen größere und kleinere Dampfstrahlen entsandte; einige unter ihnen, flache Becken, lagen still, nur aus dem tiefen Schlunde in ihrer Mitte wallten ab und zu Dampfblasen auf. „Unter diesen Quellen," sagt Verfasser, „herrscht die größte Mannigfaltigkeit bezüglich der Farbe des Wassers; die einen, deren ganzes Inneres mit Sinter ausgekleidet ist, sind klar, und das sich nach der Mitte zu vertiefende Wasser zeigt alle Abstufungen von der durchsichtigsten Klarheit zu zartem Himmelblau, tiefem Stahlblau und dunkelm Schwarzviolett. Andere sind eben so klar, zeigen aber eine prachtvolle Abtönung aller Arten von Grün, bis auch sie nach der Tiefe zu schwarz wie Tinte werden. Der absteigende Schlund dieser Quellen geht nicht immer senkrecht hinab, sondern führt oft schräg und gar nicht steil nach der Seite hinunter, so daß man, über ihm stehend, nur durch ein dünnes Gewölbe von dem kochenden Wasser getrennt ist. Andere Quellen sind wieder ungestüme Gesellen, die in ihren Sintertöpfen wallen und sieden, kleine Wassergarben über die Oberfläche schleudern und mächtige Dampfwolken entwickeln, ohne sich aber zu wirklichen Ausbrüchen aufraffen zu können. Noch andere, die aus lehmigem Boden zutage treten, haben eine Menge Erdreich aufgelöst und sich so zu einem zähen, kochenden Breie verdickt, dessen Oberfläche in beständigem Aufwallen begriffen ist, und aus dem sich große Dampfblasen hervorringen, um mit lautem Geräusche zu zerplatzen. Diese Quellen haben,

je nach dem Erdreiche, das sie enthalten, eine dunkelbraune, tomatenrote, schwefelgelbe, auch hellblaue Farbe, und das von ihnen austretende Wasser läßt auf seinem Wege bergab einen bunten Streifen zurück, der sich mitunter sehr effektvoll von der gelblichen Sinterdecke abhebt. An einigen Stellen ist auch der Boden auf mehrere Quadratmeter wie von Mauslöchern durchwühlt, und aus jeder der kleinen Öffnungen fährt ein schweflig riechender Dampfstrahl heraus, bald senkrecht in die Luft, bald flach über den Boden hin; tritt man mit dem Fuße ein Loch in die Decke vom Sinter, oder durchstößt man sie mit dem Stocke, — gleich fährt einem ein neuer Strahl entgegen, ganz als ob pfauchende kleine Geisterchen ihr unterirdisches Reich verteidigen wollten. Wir wagten anfangs kaum, auf diesem verdächtigen Boden einen Schritt nach vorwärts zu tun, denn rechts und links, vorn und hinten brummt, zischt und spritzt es in allen Tonarten, und mit jedem festen Schritte erwartet man durchzubrechen oder auf den von Wasser überrieselten Stellen auszugleiten. Nach einiger Zeit aber lernten wir uns die gangbaren Stellen zwischen den einzelnen Becken und Kesseln merken und fühlten uns dann bald unter ihnen heimisch, gaben ihnen Namen und fanden die interessantern heraus."

Außer diesen Quellen, die beständig in gleicher Weise Wasser von sich geben, finden sich noch vier andere, die periodische Ausbrüche haben oder hatten, und diese sind die eigentlichen Geysire. „Bei einem von ihnen, dem Litli Strokkur, ist es jedoch zweifelhaft, ob man die Zwischenpausen zwischen den wenigen Ausbrüchen, die er hatte, als Perioden ansehen darf; gegenwärtig springt er ebensowenig wie sein größerer Namensbruder, der Strokkur. Das Jahr 1896, welches ein heftiges Erdbeben für Südisland brachte, hat in die Tätigkeit der Geysire ziemliche Änderungen gebracht. Vorher sprang der große Geysir schon seit Jahrzehnten nur in immer größer werdenden Zwischenräumen; es kam vor, daß Reisende zwei, drei Wochen lang vergeblich auf einen Ausbruch warteten, dafür sprang der Strokkur alle Tage ein- bis zweimal und erreichte mitunter eine Höhe von 30 *m* und mehr. Seit dem Jahre 1896 jedoch hat er seine Tätigkeit vollständig eingestellt; der große Geysir dagegen springt seither durchschnittlich jeden Tag, und zwar höher als zuvor; einer seiner Ausbrüche wurde von Bunsen und Descloiseaux, die im Jahre 1846 längere Zeit dort zubrachten, mit 150 Fuß gemessen, das war noch vor der Periode relativer Ruhe, die der Geysir in den letzten Jahrzehnten hatte; jetzt ist er zu seinem frühern Temperament zurückgekehrt, ob zwar natürlich lange nicht alle Ausbrüche so hoch sind, wie die wenigen seltenen, die als Höchstmaße bekannt sind. Der dritte Geysir, der durch das Jahr 1896 keine Abänderungen erfahren hatte, ist ziemlich am südöstlichen Ende des Quellenterrains, während der große Geysir im äußersten Nordosten und der Strokkur in der Mitte liegt. Er ist sowohl unter dem Namen Litli Geysir als

auch unter der Bezeichnung Operris-Hola bekannt. Da der erstere Name leicht zu Verwechslungen mit einem andern Geysir führt, der in der Landschaft Ölfus im Südwesten von Island liegt und gleichfalls Litli Geysir genannt wird, so ist es angezeigt, sich an den Namen Operris-Hola zu halten. „Operris" ist „Un-dürre", also Nässe, „Hola" bedeutet Loch. Man erklärte uns den Ursprung des Namens daraus, daß das Springen dieses Geysirs nasses Wasser ankündigte. Da der Operris-Hola aber täglich zweimal Ausbrüche hat, und das schon seit Jahrhunderten, käme man zu dem Schlusse, daß es in der Gegend beständig regnen müsse. Richtiger scheint es mir, den Namen daher abzuleiten, daß der Operris-Hola „nie trocken" ist, sondern immer voll Wasser und in eifriger nasser Tätigkeit. Endlich ist im Jahre 1896 ziemlich hoch am Abhange das Laugafjall, außerhalb des zusammenhängenden Quellenterrains, eine neue Austrittsstelle entstanden, die man nach König Christian IX. benannt hat. Neben ihr findet sich auch ein Denkstein, der an den Besuch des Königs im Jahre 1874 erinnert; besser gesagt, die neue Quelle ist neben diesem Denksteine zutage getreten; daher ihr Name."

Da es den Reisenden darauf ankam, einen schönen Ausbruch des großen Geysir bald zu sehen, so wandten sie das von Amerika her bekannte Mittel an, einen solchen zu provozieren, nämlich das Einwerfen von Seife in den Schlund. Durch Opfern von 8 *kg* Seife, die in der benachbarten Schutzhütte käuflich ist, erfolgte 2 Stunden später eine Eruption, die das heiße Wasser 15 *m*, den Dampf also wohl doppelt so hoch trieb. Der große Geysir hat außen die Gestalt eines sehr stumpfen Kegels von 6 bis 7 *m* Höhe und 50 *m* Durchmesser an der Basis, das obere nahezu kreisrunde, flach tellerförmige Becken hat 15 bis 17 *cm* Durchmesser, und in seiner Mitte öffnet sich ein Schlundrohr von 2 *m* Durchmesser, dessen Tiefe nach Bunsen 23 *m* beträgt.

Die neue Tropfsteinhöhle bei Kiritein in Mähren schildert R. Trampler.[1]) Sie ist seit Herbst 1901 bekannt und liegt etwa 20 *km* nordnordöstlich von Brünn. Sie ist reich an Tropfsteingebilden.

Zwischen Felswänden, welche 1 *m* voneinander abstehen, gelangt man in das Innere. Vom Eingange aus erstreckt sich der Gang 6.5 *m* lang in südsüdöstlicher Richtung, erweitert sich aber schon in der Hälfte dieser Entfernung auf 4 *m*; auch die Decke hebt sich auf 3 *m* und ist mit zahlreichen, gegenwärtig noch schneeweißen Tropfsteingebilden bedeckt, welche entweder die Form gewöhnlicher Stalaktiten oder die von Quasten und Zapfen besitzen. Dieser Teil der Höhle erinnert, was die Tropfsteinbildung betrifft, lebhaft an die 1890 entdeckte Tropfsteinhöhle von Schlosuwka, unweit Sloup.

Rechts erweitert sich die Höhle zu einer Halle, die aber zum großen Teile so niedrig ist, daß man sie nur mit tiefgebeugtem Haupte betreten kann. Der Boden ist mit Sintermasse bedeckt und die Decke mit unzähligen, meist kleinen,

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie **26**. p. 346.

federkielartigen Stalaktiten förmlich übersät. Weiterhin teilt sich die 9 *m* lange Höhle in zwei Teile: die südliche (rechts) erreicht eine Höhe von nahezu $2^1/_2$ *m* und ist ganz mit Tropfsteinen bedeckt, während in der nördlichen (links), welche sich allmählich bis zur Höhe von 3 *m* erhebt, ein „Wasserfall" die Aufmerksamkeit des Besuchers auf sich zieht. Wir sehen ein Tropfsteingebilde vor uns, welches an den einzig schönen Wasserfall in der Slouper Tropfsteinhöhle erinnert; nur erscheint er hier im verjüngten Maßstabe. Nicht minder erregt das Staunen der Besucher eine zweite Kaskade, die man aber bei längerm Betrachten eher mit einer von Künstlerhand zierlich gefalteten Guirlande vergleichen möchte. Die niedere Halle setzt sich hinter dem Wasserfalle in südnördlicher Richtung in einem kleinen 5 *m* langen Gange fort, welcher, anfangs nahezu 2.5 *m* lang und ebenso hoch, sich allmählich verengt und in einen Schlot übergeht. Der nördliche Teil der Halle ist kaum 4 *m* lang und zu Beginn nahezu 2 *m* breit.

Der Hauptgang ist dort, wo er mit der Höhle in Verbindung steht, mit vielen Felsblöcken bedeckt und erstreckt sich 29 *m* weit. Er ist 8 *m* breit und etwas über 2 *m* hoch. Während der etwas geneigte Boden mit Felsblöcken und Ablagerungsmassen bedeckt ist, glänzen die Wände und insbesondere die Decke bei heller Beleuchtung von zahlreichen alabasterweißen Tropfsteinen. Sehr zart sind hier die schlanken Stalaktiten. An einzelnen Stellen zu Hunderten beisammen, erregen sie, oft so dünn wie Federstiele, wegen ihrer zierlichen Form die Bewunderung der Besucher. Von besonderm Interesse ist es, daß die Enden fast aller Stalaktiten nach dem Innern der Höhle gerichtet sind, woraus man schließen kann, daß vom Eingange her ein beständiger Luftzug herrschte, der das die Tropfsteine bildende Sinterwasser zwang, so ungewöhnliche Formen zu bilden. Zur linken Hand, nahe der Wand, gewahrt man eine Öffnung, welche zu einem kleinen, noch nicht durchforschten Abgrunde oder zu einem tieferliegenden Gange zu führen scheint. Etwa 8 *m* vor dem Ende befindet sich die Öffnung zu einer untern Etage, welche ungefähr 6 *m* tiefer liegt und ebenfalls reiche Tropfsteinbildungen aufweist. Dieser untere ziemlich niedere Gang dehnt sich nahezu 20 *m* weit aus, zeigt mehrere Spalten, welche augenscheinlich in einen Abgrund führen, und kehrt wieder in den obern Hauptgang zurück. Der für einen Höhlenforscher bemerkenswerteste und zugleich anziehendste Teil der neuen Tropfsteinhöhle ist der Abgrund, welcher sich in derselben befindet. Er ist sehr tief und kann als Typus eines Abgrundes im mährischen Karstgebiete angesehen werden. Der vordere Rand des Schlundes ist abschüssig und von zahlreichen sich aneinander lehnenden Felsblöcken gebildet, deren durch diese gebildete Spalten teilweise mit Ablagerungsmassen gefüllt sind. Der hintere Rand führt schräg auf einer lehmigen Masse 4 *m* abwärts, wobei sich der Schlund verengt und kaum $1^1/_2$ *m* im Durchmesser zeigt. Der Höhlenforscher Koudelka ließ sich von hier aus in einem Bergmannskübel an einem festen Seile von Süden gegen Norden über die lehmige Masse schräg hinab und fuhr dann 11 *m* in die Tiefe. Hier fand sich eine schräge Stufe, welche von Südost nach Nordost gerichtet, 5 *m* lang, beinahe 1 *m* breit und mit einer lehmigen Ablagerungsmasse und mit Kulmgeschiebe bedeckt ist. Die nordöstliche Felswand geht in die Tiefe und zeigt eine Reihe auseinandergehender, senkrechter, ausgewaschener Wasserrinnen. Von der eben beschriebenen Stufe gehen drei Öffnungen in die Tiefe. Die südöstliche bildet eine kaum $^1/_4$ *m* breite Felsspalte, welche ungefähr 2 *m* tief zu einer Ablagerung führt. Von hier zweigt sich ein sehr kleiner unterer Gang ab, welcher hinter dem Schlunde zu dem obern Höhlengange zurückführt. Auf dem gegenüberliegenden Ende der Stufe befindet sich die zweite enge Öffnung, welche in die Tiefe führt, aber zunächst in einen Gang, durch welchen man in die dritte Öffnung einzudringen vermag.

Von dieser geht es 5.5 *m* schräg abwärts in eine kleine Felskammer, welche ungefähr 1.5 *m* breit und ebenso hoch ist. Von hier führen wieder zwei Öffnungen; die im Osten ist fast kreisrund und hat einen Durchmesser von 6.4 *m*, die im Norden ist 0.75 *m* hoch und fest 0.5 *m* breit. Wenn man sich nun durch

die letztere durchgezwängt hat, kommt man in einen fast horizontal verlaufenden Gang, der nach Nordnordost mäßig abfällt mit und Schlamm und einer Lache ganz klaren Wassers bedeckt ist. Der kleine, bogenartig geformte Gang zeigt eine gewölbte Decke, welche auf vom Wasser förmlich polierten Felswänden aufruht, ist bei seinem Beginne 1 bis 2 *m* breit und nahezu 1.5 *m* hoch, wird aber, je weiter man vordringt, desto enger und niedriger und wendet sich zugleich etwas nach Nordnordost. Die ganze Länge des Ganges beträgt 14 *m*, und zwar zu Beginn in der Richtung von Süden nach Norden 4 *m* und dann von Südost nach Nordwest 10 *m*; das Gefälle dagegen mag ungefähr 4 *m* betragen. Der Boden ist mit Schlamm bedeckt und zeigt eine schräge Richtung von der westlichen Felswand zur östlichen.

Der kleine Gang mündet in eine kleine Halle, deren Eingang 1.5 *m* breit und fast ebenso hoch ist, und deren von zahlreichen Löchern förmlich zerrissene Decke am Ende in einen $3^1/_2$ *m* hohen Schlot übergeht. Die Halle ist, von Osten nach Westen gemessen, 5 *m* breit, von Süden nach Norden 8 *m* lang und 8 bis 10 *m* hoch. Ungefähr in der Mitte derselben befindet sich an der Decke ein Felsblock, welcher wahrscheinlich in einem Schlote verkeilt ist. Der sehr unebene, wellenförmige Boden ist mit einem zähen Schlamme bedeckt und fällt von Süden nach Norden ab. Von der Mündung des kleinen Ganges, 4 *m* in nördlicher Richtung entfernt, kann man sich mit größter Vorsicht dem Rande des Abgrundes nähern, doch liegt die Stelle ungefähr 1.5 *m* tiefer.

Von dieser aus kann man wahrnehmen, daß die Halle in nördlicher Richtung nach oben in eine sehr enge Felsspalte übergeht, welche unten 10 bis 15 *m*, dagegen in gleicher Höhe mit dem Boden der Halle über 1 *m* breit ist. Die Spalte wird von nahezu senkrecht abfallenden Felswänden begrenzt, welche sich oben bis auf 0.5 *m* nähern, während sie unten 2 bis 2.5 *m* voneinander abstehen.

Vom Rande des Abgrundes geht es 7.5 *m* zu einer schief liegenden Ablagerungsmasse hinab, hinter welcher sich in einer Spalte viele mit Schlamm bedeckte Felsblöcke befinden. Hat man diese erreicht, so geht es 4.5 *m* wieder zu einer lehmigen Ablagerung hinab, welche den ganzen Boden der unten sehr breiten Felsspalte bedeckt. Der Höhlenforscher Koudelka konnte, nachdem er sich noch 1.5 *m* unter die Felsblöcke hinabgelassen hatte, nicht weiter vordringen, weil er sah, daß das Seil, auf dem er sich herabgelassen hatte, sich auf den im Schlamme steckenden Blöcken bewegte. Er versuchte nun, eine andere Öffnung in den Abgrund zu finden. Tatsächlich führt gerade gegenüber dem kleinen Gange, durch welchen man in die beschriebene Halle gelangt, ein 1.5 *m* hoher und 1 bis 1.5 *m* breiter Gang in südöstlicher Richtung über eine schlammige Ablagerung in die Tiefe. In der Entfernung von 6 *m* biegt dann der Gang nach Nordosten ab und endigt in einer Länge von 8 *m* bei dem Schlunde, welcher 30 *cm* lang und halb so breit ist. Gang und Schlundloch sind mit Schlamm bedeckt. Überdies war es ganz unmöglich, durch diese enge Öffnung zu kriechen; infolgedessen mußte der Versuch, bis zu dem untern Ende des Abgrundes zu gelangen, aufgegeben werden. Er ist, wie Koudelka durch andere Messungen ermittelte, 50 *m* tief und reicht selbstverständlich wie alle Abgründe im mährischen Karste bis zum unterirdischen Wasserlaufe, in dem gegebenen Falle bis zu dem des Kiriteiner Baches, hinab. Da der genannte Forscher eine Tiefe von 34 *m* erreicht hatte, so hätte er noch 16 *m* zurücklegen müssen, um bis ans Ende zu gelangen.

Der unterirdische Abfluß des Säntisersees. Die naturwissenschaftliche Gesellschaft in St. Gallen hat vor einiger Zeit ein sehr interessantes Experiment mit Erfolg ausgeführt, um den unterirdischen Abfluß des hinter der Bergkette des Hohen Kasten 1200 *m* hoch gelegenen Säntisersees, der bisher unbekannt war, festzustellen. Es wurde der See mittels 3 *kg* Fluoreszeïn grün gefärbt. Einige Tage

darauf erschien das Wasser im Mühlenbache bei Sennwald deutlich grün mit der charakteristisch gelbgrünen Fluoreszenz des eingeworfenen Farbstoffes, womit der Beweis dafür gebracht ist, daß das Wasser des Säntisersees durch die zerklüfteten Kalkfelsen hindurch dem 800 *m* tiefer gelegenen Rheintale unter Vermittlung des Mühlenbaches bei Sennwald zuströmt.

Flüsse.

Über die Beschaffenheit des Wassers der Oder und einiger Nebenflüsse derselben verbreitete sich auf der Breslauer Naturforscherversammlung (1904) Dr. Lüdecke. Bei den verschiedenen Wasserständen ist die Beschaffenheit der im Wasser gelösten und darin schwebenden Stoffe sehr verschieden. Die schwebenden Stoffe betragen im Strome mindestens 4 *g* im Kubikmeter, höchstens, bei Hochwasser 263 *g*. Der höchste Schlammgehalt läuft dem Scheitel der Hochwasserquelle etwas voraus. Die Schlammteile sind meist feine sandige Stoffe. Der eigentliche Ton ist geringer an Menge darin. Die gelöste Salzmenge ist am größten bei Niedrigwasser. Ihr höchster Betrag ist gemessen zu 320 *g* im Kubikmeter. Bei höhern Wasserständen geht der Betrag zurück. Am härtesten (am meisten kalk- und magnesiahaltig) ist das Stromwasser bei Niedrigwasser. Eisen enthält es wenig. Lüdecke legte im weitern die Zusammensetzung des Wassers der Schweidnitzer Weistritz und ihrer Zuflüsse dar, sowie der Flüsse zu beiden Seiten des Riesengebirges, und erörterte die Entstehung der Moore.

Das Stromgebiet des Dniepr behandelt R. v. Wybranowski.[1] Die Flußlänge beträgt 2150 *km*, das ganze Stromgebiet nach Maximowitsch 518 547 *qkm*. Durchschnittlich fallen auf demselben nach Tilla jährlich 501 *mm* Niederschläge, und von diesen fließen 35% in den Dniepr ab. Der Hochstand seines Wassers fällt auf den April, während das Maximum der Niederschläge in die Monate Juni bis August fällt. Die Wasserzufuhr des Stromes findet hauptsächlich aus den Mooren und Wäldern statt.

Die Hochwasser des Mississippi im Frühjahre 1903 sind von H. C. Frankenfield untersucht worden.[2] Von Memphis bis zu den Pässen war der Wasserstand höher als je zuvor, zu Memphis um 2.8, zu New-Orleans um 0.8 Fuß. Die Ursache dieser Flut ist in ungewöhnlich starken Regenfällen während des Februar und Regenstürmen des südwestlichen Typus zu suchen. Den beträchtlichsten

[1] La Géographie 8. Nr. 2.
[2] U. S. Department of Agriculture Bulletin M. The Floods etc. in the Mississippi Watershed. Washington Weather Bureau 1904.

Wasserzufluß erhält der Hauptstrom durch den Missouri und Ohio. Was die Dauer der Flut anbelangt, so stieg der Mississippi zu New-Madrid über die Gefahrlinie am 17. Februar und sank unter dieselbe zu New-Orleans am 21. Mai, so daß die Gesamtdauer der Überschwemmung 94 Tage betrug. Die Verheerungen, welche der untere Missouri und Kansasriver anrichteten, erreichten ihren Höhepunkt bei der Stadt Kansascity, wo die Flut höher stieg als bei der berüchtigten Überschwemmung von 1844. Die Hochwasser waren hier lediglich durch die außergewöhnlichen Regenfälle während des Mai im Gebiete des Kansasriver hervorgerufen. Die Brücke der Missouri-Pacificbahn über den Kansasfluß war unter 17 Brücken die einzige, welche von der Überschwemmung nicht fortgerissen wurde. (Tafel V.)

Das Mündungsgebiet des Amazonas und Tocantins ist neuerdings von Hartt und Huber studiert worden.[1] Ersterer behauptet, daß in einer nicht sehr weit zurückliegenden Epoche, als das Terrain noch niedriger war wie heute, durch die Region der Breveskanäle ein breiter Arm des Amazonas sich in das Ästuarium des Rio Para ergossen habe, wie solches heute noch in der Regenzeit stattfindet. Die Region dieser Kanäle wird bezeichnet durch das Gebiet, welches im Norden durch den Paranamiry Uituquara, im Westen durch den Kanal Tajapuru und seine Fortsetzung nach Süden, den Tajapurusinho, im Osten durch den Rio Macacos und Rio dos Breves, im Süden durch die Bahias de Portel, Melgaco und dos Bocas begrenzt ist. Das wichtigste Phänomen in der Hydrographie des Paraästuariums besteht darin, daß die Flut in ihm viel mehr zur Geltung kommt als an der nördlichen Mündung des Amazonas und demzufolge nicht nur wie hier eine mehr oder weniger starke Wasserstauung, sondern eine ausgesprochene Gegenströmung hervorruft. Der nördliche Teil der Kanäle, nördlich von dem quer verlaufenden, die drei Hauptkanäle verbindenden Aturia steht unter direktem Einflusse des Amazonas, der südliche unter dem des Paraästuariums. Von beiden Seiten, von Norden wie von Süden, tritt bei Flut das Wasser in die Kanäle ein, um dieselben bei Ebbe auf dem gleichen Wege zu verlassen. An bestimmten, natürlich nicht sehr scharf markierten Stellen der einzelnen Kanäle trifft nun das aus dem Amazonas eintretende Wasser mit dem aus dem Paraästuarium stammenden zusammen — diese Stellen heißen nach der Bezeichnung der Brasilianer „Encontros d'agua" und liegen an zwei von den drei Hauptkanälen in etwas verschiedener Höhe, im Jaburu etwas nördlicher als im Macacos, während an dem westlichsten Hauptkanale, dem Tajapuru, anscheinend von einer solchen „Wasserbegegnung" nicht die Rede ist, sondern das Wasser ständig, bei Ebbe stark, bei Flut schwach von

[1] Globus **85**. p. 30.

Nord nach Süd, vom Amazonas zum Paraästuarium abfließt. Dieser Angabe, die mit den Berichten von Martins, Prinz Adalbert von Preußen, Hartt und Coudreau übereinstimmt, widersprechen die Angaben z. B. von Wallace, Barao de Marajo, die auch im Tajapuru Gegenströmung von Süd nach Nord angetroffen haben. Es bleibt deshalb die Entscheidung dieser Frage einer Reihenfolge methodischer mindestens auf ein ganzes Jahr ausgedehnter Beobachtungen vorbehalten. Jedenfalls aber ergießt der Tajapuru, wenigstens während der Ebbe, eine große Menge Amazonaswasser, ein Faktum, das einmal daraus erhellt, daß sogar in den südlichen Abschnitten der Kanäle, wo bei Flut Gegenströmung vorhanden, die Ebbe bei stärkerer Strömung auch längere Zeit in Anspruch nimmt als die Flut, so daß z. B. nach einer einfachen Berechnung vor dem Flecken Breves durch den Kanal gleichen Namens bei jeder Ebbe 15 444 000 *cbm* Amazonaswasser, für die sämtlichen nach Süden mündenden Kanäle das sicher nicht zu hoch gegriffene Vierfache gerechnet, also über 60 000 000 *cbm* Amazonaswasser sich in das Paraästuarium ergießen, eine Wassermenge, die von allen südlichen Zuflüssen des Paraästuariums zusammen genommen nach Hartt sicher nicht annähernd erreicht wird. Danach kann der Auffassung, daß das Paraästuarium als Amazonasarm und der Tocantins als dessen Nebenfluß zu betrachten sei, kaum mehr etwas Stichhaltiges entgegengehalten werden.

Auffallend ist die bedeutende Tiefe der Kanäle im Verhältnisse zu ihrer Breite; nach Herndon wechselt die Breite von 45 bis 460, die Tiefe von 10 bis 55 *m*. Im Arama ist die größte Tiefe beim Flecken gleichen Namens 30.5 *m*, der Tajapuru scheint gleiche, der Macacos geringere Tiefe aufzuweisen. Der Wasserstand ist ein sehr konstanter und schwankt von tiefster Ebbe zu höchster Flut im Arama z. B. nur um 3 *m*.

Alle Inseln der Region der Breveskanäle sind Neubildungen der Sedimentation des Amazonaswassers, die auch heute noch fortdauert. Ein Brunnenschacht von 10 *m* Tiefe an einem etwas höher gelegenen Punkte des Aramaufers ergab das folgende Profil: 1 *m* gelben, im obern Teile humusreichen Ton, darunter 9 *m* blaugrauen, sehr feinen, plastischen Ton mit kleinen, schwarzen, mit bloßem Auge sichtbaren Fragmenten.

Bei der Neubildung von Inseln sind es vor allem zwei Pflanzen, die vermöge der Fähigkeit ihrer Samen, lange auf dem Wasser zu schwimmen, als Pioniere der Vegetation eine Sandbank, nachdem sich genügend Schlamm auf ihr abgelagert, in ihrer ganzen Ausdehnung einnehmen, die Aninga (Montrichardia arborescens) und der Aturia (Drepanocarpus lunatus), und zwar in der Regel auf einer bestimmten Bank nur die eine von den beiden unter Ausschluß der andern. Nachdem nun durch diese erste Vegetation die Ablagerung angeschwemmten Materiales erleichtert, erscheinen bald andere Pflanzen, besonders die Mangue (Rhizophora mangle), in deren

Schatten weder die Aninga, noch der Aturia mehr gedeihen, so daß diese immer mehr an den Wasserrand zurückgedrängt werden. Das gleiche Los wird dann der Mangue von andern in ihrem Schutze angesiedelten Bäumen (Mirity, Sumauma u. a.) zuteil, auch sie wird immer mehr nach dem Wasser zu zurückgedrängt. So finden sich denn an allen Inseln, wenigstens an der dem Strome abgekehrten (untern) Seite, wo das mehr stagnierende Wasser eine andauernde Ablagerung gestattet, als äußerster Vegetationsgürtel ein Aninga- oder Aturiabestand, nach innen davon ein Manguebestand, und erst hinter diesem beginnt das Vielerlei der im untern Amazonasgebiete heimischen Baumarten.

Die Schwarzwasserflüsse Südamerikas. Eine Zusammenstellung und Diskussion des hierüber vorliegenden Materiales hat Dr. Josef Reindl gegeben.[1])

Hiernach liegen die schwarzen Ströme Südamerikas mit kaum nennenswerten Ausnahmen auf der großen „Brasilianischen Masse", die sich als eine alte geologische Bildung vom Orinoco-Apure im Norden bis zum Uruguay im Süden erstreckt. Seit der Faltung ihrer archäischen Grundgesteine hat diese gewaltige „Masse" keine Störung in der Lagerung ihrer Gesteinsschichten mehr erfahren, und selbst die devonischen und karbonischen Ablagerungen, also Formationsgruppen sehr hohen Alters, liegen ungestört über dem stark gefalteten Grundgebirge.

Topographisch zerfällt dieses große Gebiet in mehrere Teile, die Reindl wie folgt unterscheidet:

1. Das Bergland von Brasilien, südlich von Amazonas und östlich von Madeira. Das durch den Parana, den Paraguay und die Amazonasnebenflüsse reichbewässerte Binnenland ist größtenteils flach, und nur allmählich erhebt sich dasselbe nach der Küste zu, um dort ein über 300 000 qkm umfassendes Küstengebirge zu bilden, das fast in allen seinen Teilen zusammenhängt und sich bei einer mittlern Höhe von 300 bis 700 m von der Nordküste herab bis Uruguay hinein erstreckt. Der am Meere hinstreichende Gebirgsrücken ist in seiner größten Ausdehnung unter dem Namen Serra Geral bekannt. Das Bergland des Innern, welches keinen hervorragend hohen Punkt aufweist, wird Serra dos Vertentes, d. h. Quellengebirge genannt, weil auf ihm die Wiegen vieler südlicher Nebenflüsse des Amazonas und vieler Zuflüsse des Paraguay und Parana liegen. Es ist ein 450 m hohes Tafelland mit aufgesetzten Tafelbergen, tiefen Flußeinschnitten und zahlreichen Wasserfällen, durch die die Schiffahrt in das Innere beschwerlich gemacht, ja sogar oft verhindert wird. Von Süden aus erscheint das Gebiet als Gebirge mit zerklüfteten, steilen Gehängen und Wänden. Die Binnenplateaus (chapadas) sind entweder nur mit Steppengras bedeckt oder mit niedrigem Gehölze, sogenannten „Caatingas" bestanden. Dieselben sind überall kulturfähig und im ganzen gut bewässert; nur im Nordosten des Landes trifft man ausgedehnte wasserarme, mit dürren Wäldern bestandene Ebenen, sogenannte „sertoes", welche sich nur vorübergehend während der Regenzeit mit frischem Grün bedecken. Auffallend kontrastieren

[1]) Die schwarzen Flüsse Südamerikas. Hydrogr. Studie von J. Reindl. München 1903.

mit diesen die mit ewig grünem Urwalde bedeckten Täler der zahlreichen Flüsse und Bäche und verleihen den sonst so öden, einförmigen Plateaus einige Abwechslung und einigen Reiz.

2. Die brasilianische Masse nördlich vom Amazonas. Hier dehnt sich am mittlern und obern Rio Negro, am Atabapo und Cassiquiare ein ungeheures Granitgebiet aus, dessen völlige Horizontalität schon Humboldt in Erstaunen setzte, und die die geringe Strömung, sowie die zahlreichen Bifurkationen und Stromvermischungen der dortigen Flüsse verursacht. Im Osten des Rio Negro wird dasselbe von einer Sandsteindecke überlagert, die sich gegen das Bergland von Guayana ausdehnt und dort in waldbedeckte, aber auch kahle Gebirgslandschaften übergeht. Sie bilden vom Rio Negro bis zum Essequibo die Hauptwasserscheide zwischen dem Amazonassysteme im Süden und dem Orinoco- und Essequibosysteme im Norden. Unterbrochen wird diese Wasserscheide nur zwischen dem Mahu und dem Rupununi, auf einem flachen Granitgebiete, wo zur Regenzeit eine Wassermischung zwischen diesen zwei letztgenannten Strömen stattfindet.

3. Die Niederung des Amazonas. Diese ungeheuere Fläche senkt sich von der Oststufe der Cordilleren bis zum Atlantischen Ozeane, also auf einer Erstreckung von 3000 km kaum um 200 m, während die Senkung vom Berglande Guayanas bis zum Bette des Amazonas auf 600 km Erstreckung etwa dreimal größer ist. Auf diesem ganzen, ungeheueren, Europa an Größe vergleichbaren Gebiete kämpfen Fluß und Wald um die Herrschaft bis zum Trombetas, wo ausgedehnte Camdistrikte auftreten. Die Ströme, die sich in dieser großen Ebene bewegen, werfen sämtlich ihre Wassermasse dem Amazonas zu, der die Niederung von W nach O durchzieht. Sämtliche Flüsse tragen hier denselben Charakter eines in unzähligen Schlingen sich windenden Laufes und niederer, während eines großen Teiles des Jahres vom Hochwasser überfluteter Ufer. Namentlich für die Gewässer westlich vom Madeira und Rio Negro sind die fortwährenden Veränderungen des Stromlaufes charakteristisch. Ehrenreich schreibt hierüber: „Vom hohen Ufer der terra firma, dem Reste jenes alten Meeresbeckens, werden ungeheure Massen durch Unterspülung abgeschwemmt und geben an Biegungsstellen Material für mächtige Alluvialbildungen, die schließlich die Ströme aus ihrer Bahn ablenken und zu neuen Volten nötigen. Es entsteht so ein labyrinthisches Kanalsystem, das die Flüsse in ihrem ganzen Laufe begleitet, die sogenannten Igarapés, die aber auch weit in die Terra firma eingreifen. Wird nach Bildung einer neuen Biegung der Eingang oder Ausgang einer alten verlegt, so bildet sich an ihrer Stelle eine bogenförmige Lagune, die durch kleine „Furos“ mit dem Hauptflusse in Verbindung bleibt. Beiderseits wird ein solcher Fluß von einem ganzen Systeme solcher Lagunen eingefaßt, wie dies in kleinem Maßstabe auch bei europäischen Flüssen, z. B. dem mittlern Rheine der Fall ist Derselbe Prozeß wiederholt sich bei den Nebenflüssen; es bilden sich Kommunikationen zwischen diesen und den Tributären des Parallelstromes, so daß schließlich ein Fluß mit dem andern in Verbindung steht.“

Die Schwarzwasserflüsse finden sich auf der brasilianischen „Masse“ und in der großen Amazonasniederung in großer Anzahl. Reindl unterscheidet behufs Einzelbeobachtung dieselben in folgenden Gruppen: 1. die schwarzen Flüsse des Orinocosystemes, 2. diejenigen Guayanas, 3. die des Amazonassystemes, darunter a) die rechtsseitigen, b) die linksseitigen, 4. die des brasilianischen Berglandes, 5. zweifelhafte Schwarzwasserflüsse.

Was die schwarzen Flüsse des Orinocosystemes anbelangt, so sagt darüber A. v. Humboldt: „Mit der Mündung des Rio Zama betraten wir ein Flußsystem, das große Aufmerksamkeit verdient. Der Zama, der Mataveni, der Atabapo, der Tuamini, der Temi, haben schwarzes Wasser (aquas negras), d. h. ihr Wasser, in großen Massen gesehen, erscheint kaffeebraun oder grünlich schwarz, und doch sind es die schönsten, klarsten, wohlschmeckendsten Wasser. Wenn ein gelinder Wind den Spiegel dieser schwarzen Flüsse kräuselt, so erscheinen sie

wiesengrün wie die Schweizer Seen. Im Schatten ist der Zama, der Atabapo usw. schwarz wie Kaffeesatz. Diese Erscheinungen sind so auffallend, daß die Indianer allerorten die Gewässer in „schwarze und weiße" einteilen."

Von diesen Flüssen sind bis jetzt nur zwei ihrem ganzen Laufe nach bekannt, darunter der Atabapo, dessen Uferlandschaften einen großen Kontrast mit den Gegenden am Orinoco bilden. Humboldt sagt darüber: „Sobald man das Bett des Atabapo betritt, ist alles anders, die Beschaffenheit, der Lauf, die Farbe des Wassers, die Gestalt der Bäume am Ufer. Bei Tage hat man von den Moskiten nicht mehr zu leiden, die Schnaken mit langen Füßen (Zancudos) werden bei Nacht sehr selten, ja oberhalb der Mission San Fernando verschwinden diese Nachtinsekten ganz. Das Wasser des Orinoco ist trübe, voll erdiger Stoffe, und in den Buchten hat es wegen der vielen toten Krokodile und anderer faulender Stoffe einen bisamartigen, süßlichen Geruch. Um dieses Wasser trinken zu können, mußten wir es nicht selten durch ein Tuch seihen. Das Wasser des Atabapo dagegen ist rein, von angenehmem Geschmacke, ohne eine Spur von Geruch, bei reflektiertem Lichte bräunlich, bei durchgehendem gelblich. Das Volk nennt dasselbe „leicht", im Gegensatze zum trüben, schweren Orinocowasser. Es ist meist um 2°, der Einmündung der Temi zu um 3° kühler als der Orinoco. Wenn man ein ganzes Jahr lang Wasser von 27 bis 28° trinken muß, hat man schon bei ein paar Graden weniger ein äußerst angenehmes Gefühl. Diese Temperatur rührt wohl daher, daß der Fluß nicht so breit ist, daß er keine sandigen Ufer hat, die sich am Orinoco bei Tage auf 50° erhitzen, und daß der Atabapo, Temi, Tuamini und der Rio Negro von dichten Wäldern beschattet sind."

Nicht nur der Orinoco empfängt aus Guayana zahlreiche Schwarzwasserflüsse, sondern es fließen auch solche direkt in den Atlantischen Ozean, darunter der Barima. Der Essequibo, der größte Fluß Guayanas, zeigt in seinem Quellengebiete die gleiche Färbung. Robert v. Schomburgk schreibt darüber: „Bei dem Wilhelmskatarakte ist sein Wasser dunkelbraun, das sich aber erhellt, sobald es den weißen Rupununi abermals aufgenommen, weiter nördlich wird es durch die roten Wasser des Siparuni abermals gefärbt, und noch weiter nach Norden gibt ihm der Potara seine frühere Farbe zurück, die er auch nun bis zu seiner Vereinigung mit dem Mazaruni und Cuyuni beibehält, worauf er wieder die Farbe annimmt, die er nördlich vom Rupununi hatte."

Andere Schwarzwasserflüsse Guayanas, die sich direkt in den Ozean ergießen, sind der Demerara und der Berbice. Reindl hat mit erstaunlichem Fleiße alle Nachrichten über die Wasserfarben einer Menge von Nebenflüssen gesammelt und führt sie speziell auf.

Die schwarzen Flüsse des Amazonenstromtales haben ihren typischen Repräsentanten in dem links einmündenden Rio Negro. Er führt in seinem Oberlaufe den Namen Guainia und hat auch dort, wo er in einem Granitbette fließt, tintenschwarzes, klares, durchsichtiges Wasser, dessen mittlere Temperatur 28 bis 29° beträgt. Beim Einflusse des Rio Branca, dessen weiße Wasser den größten Kontrast zu denen des Rio Negro bilden, beginnt des letztern Unterlauf. Die Ufer werden jetzt flach und sandig. Zur Hochwasserzeit, vom April bis zum August, werden die Inseln, die jetzt nicht mehr, im Gegensatze zu den Restinseln des Granitgebietes, aus Felsen bestehen, sondern sämtlich zu den Anschwemmungsinseln gehören, unter Wasser gesetzt. Der Fluß bildet, sagt Reclus, wie die kanadischen Flüsse, mehr die Fortsetzung eines Sees als die eines Flusses. Er hat oft eine Breite von 25 km, und seine Strömung ist außerordentlich schwach. Mit Recht bezeichnen ihn die Indianer, wie uns Reclus ebenfalls berichtet, im Gegensatze zu dem reißenden Amazonas als den „toten" Strom.

Auf diesem Unterlaufe ist das Wasser nicht mehr klar, sondern durch Beimengung von Sedimenten getrübt, die Farbe wechselt an Intensität, ist an seichten Stellen bernsteingelb, an tiefen undurchsichtig schwarz. Das ganze

Gebiet der Zuflüsse des Rio Negro, rechts wie links, ist überhaupt reich an schwarzen Gewässern. Der Cassiquiari führt dagegen kein schwarzes Wasser.

Beim Caqueta-Japura zeigt nur ein kleiner Flußabschnitt die Farbe des Rio Negro.

Von den rechtsseitigen Schwarzwasserzuflüssen des Amazonas ist das gewaltige Flußsystem Araguaya-Tocantins zu nennen. Ersterer mündet in den letztern unter 5° 20′ südl. Br. Sein Wasser ist auffallend klar und dunkel. Wenigstens zu den Dunkelwasserflüssen gehört der Xingu, der uns durch K. von den Steinens Forschungen genauer bekannt wurde, und dessen Hauptquellfluß H. Meyer erforscht hat. Als 9 km breiter Strom ergießt sich der Xingu unter $1^1/_2{}^0$ südl. Br. in den Amazonas. Die Wirkung von Ebbe und Flut wird auf seinem ganzen untern Laufe verspürt. Über seine Länge sagt Clauß: „Um sich an der Hand geläufiger Distanzen eine Vorstellung von der ungeheuren Länge des Xingu zu bilden, denken wir uns seine Mündung nach Hamburg verlegt; dann würden wir seine Quellen an der afrikanischen Nordküste bei Tunis zu suchen haben."

Der Tapajoz, welcher durch die Vereinigung des Arinos und Juruena entsteht, führt ebenfalls dunkles Wasser. Chandleß bemerkt darüber: „Oberhalb der Mündung des San Manoel verwandelt sich das Flußwasser von dem hellen Grün des Arinos und Juruena in eine dunkle, schwärzliche Färbung; aus diesem Grunde ist der Fluß von San Manoel abwärts unter dem Namen River Preto bekannt. Sogar in Santarem spricht man unter keinem andern Namen von ihm." Avé-Lallemant sagt: „In schräger Richtung setzten wir über den grauen Strom (Amazonas), der plötzlich scharf abgeschnitten schwarz erschien. Beide Wasserschichten liefen ganz unvermischt nebeneinander hin, jede ihre Uferseite behauptend, ein höchst auffallendes Phänomen. Das ist das sogenannte „schwarze Wasser" des mächtigen Tapajoz, an dessen rechtem Ufer Santarem liegt. Silberklar und vollkommen rein ist das Wasser des Tapajoz zumal neben dem trüben, grauen Wasser des Amazonenstromes."

Katzer sagt davon: „Das Wasser des Tapajoz erscheint im reflektierten Lichte, wenn sich der reine Himmel darin spiegelt, blauschwarz, bei direkter Sonnenbestrahlung schwärzlichgrün (wie Alizarintinte) bis hell olivengrün, je nach der Tiefe. Es ist dabei äußerst klar, so daß man selbst durch eine 3 bis 4 m mächtige Schicht bis auf den Grund sieht. Es gilt als sogenanntes „schwarzes" Wasser, und der Fluß wird daher von den Cearenser Kolonisten bei Santarem auch kurz Rio preto (schwarzer Fluß) genannt. Die Analyse einer bei Itaituba geschöpften Probe ergab einen außergewöhnlich geringen Gehalt an gelösten Bestandteilen, in welchem Sinne der Tapajoz zu den reinsten Flüssen der Welt gehört."

Der gewaltige Madeirastrom hat ebenfalls mehrere Schwarzwasserzuflüsse. Nach Sellin hat er selbst in der trockenen Jahreszeit eine sehr braune Farbe, während er in der Regenzeit, wenn Detritusmassen seine Fluten trüben, gelblich ist wie der Amazonas. Das nämliche soll auch für den Purus zutreffen, außerdem hat dieser noch mehrere echte Schwarzwasserströme als Zuflüsse.

Was die schwarzen Ströme des brasilianischen Berglandes anbelangt, so führt Reindl deren sechs auf, darunter auch den Rio Uruguay, der in seinem Oberlaufe nach Avé-Lallemant ein sehr dunkles Kolorit hat.

Schwarzwasserflüsse kommen, wie Reindl hervorhebt, vielleicht auch in Argentinien vor.

Das Steigen und Fallen der Flüsse im Amazonasgebiete richtet sich streng nach der Regen- oder Trockenzeit und erfolgt daher in einer sehr regelmäßigen jährlichen Periode. Beim Amazonas gibt die Vegetation einen vortrefflichen Maßstab für die horizontale Ausbreitung seiner Überschwemmungen, und man unterscheidet drei Typen derselben: Die erste Vegetationsform der Igapo, ist das bis zu 30 bis 35 km breite, an den beiden Flußufern sich hinziehende Überschwemmungsgebiet, welches in der Regenzeit für mehrere Monate so überflutet wird, daß selbst die höchsten Bäume nur noch mit den Wipfeln über dem

Wasser hervorragen. Das nächstfolgende Gebiet nimmt die Varzea ein. Sie wird nicht mit jedem Hochwasser überflutet und niemals bis zu bedeutender Tiefe. Bei normalem Wasserstande bildet sie fast durchgehends die Ufer. Die Terra firma endlich wird von der Hochflut nicht mehr erreicht. Der Wald hat hier ein ganz anderes Aussehen. Die Bäume erreichen oft eine Höhe von 60 bis 70 m, und das Unterholz und die Schlingpflanzen, die sich von Baum zu Baum winden, stehen oft so dicht beieinander, daß man sich nur mühsam und Schritt für Schritt seinen Weg mit dem Waldmesser hindurchzubahnen vermag.

Von einigen Schwarzwasserflüssen sind die Unterschiede von Hoch- und Niedrigwasser bekannt, sie erreichen z. B. im Unterlaufe des Rio Negro volle 10 m und ebenso viel im untern Tocantins.

Prüft man genauer das Auftreten der Schwarzwasserflüsse Südamerikas, so erkennt man mit Reindl, daß sie sich in Gegenden finden, wo große verwesende Pflanzenmassen vorkommen. „Wohl nirgends," sagt er, „fanden die sumpf- und moorbildenden Agenzien so günstige Verhältnisse zu ihrer Entwicklung als an den Flußufern der schwarzen Flüsse Südamerikas. Das Ineinandergreifen und Zusammentreffen fast aller nur möglichen Moorbildungsursachen mußte naturgemäß jene gewaltigen Phänomene hervorrufen, die, was ihre Dimensionen betrifft, unter ähnlichen Erscheinungen der gemäßigten Zone ihresgleichen suchen. Durch die große Ebenheit der Bodenfläche einerseits und die ganz geringe Strömung der Flüsse anderseits mußte naturgemäß Infiltration des Wassers eintreten, welchen Vorgang uns schon Franz v. Paula Schrank vor einem Jahrhunderte in seiner Theorie von der Entstehung des Donaumooses klar gelegt und Gümbel und Soyka in überzeugender Weise bestätigt haben. Da nun, bedingt durch die Horizontalität des Bodens, die schwarzen Flüsse Südamerikas. ähnlich unsern Moorbächen, auf vielverschlungenen, gekrümmten Pfaden dahinziehen, in ihrem Verlaufe durch steten Wechsel der Breite des Bettes und durch Serpentinbildung gekennzeichnet, so begünstigen außer der dadurch verstärkten Infiltration zahlreiche Überschwemmungen und Stauungen des Wassers die Bildung von Sümpfen und Mooren.

Ein weiterer Faktor, der als wichtiger Sumpfbildner hier auftritt, ist die überaus große atmosphärische Feuchtigkeit. Im Gebiete des Rio Negro und obern Orinoco, auf dem Berglande von Guayana, in der Amazonasniederung und im östlichen Berglande des Teiles von Brasilien sind die Niederschlagsmengen geradezu enorm, hier finden wir infolgedessen auch ausgedehnte Sumpf- und Moorbildungen. Im südlichen Brasilien und auf Mato Grosso sind zwar die Niederschlagsmengen nicht gerade gering, aber ungünstig auf die Jahreszeiten verteilt, infolgedessen herrscht hier mit Ausnahme einiger von Urwäldern begleiteten Flußufer die Campregion vor.

Dazu kommen die geognostischen Verhältnisse. Die Gesteinsarten, deren Verwitterungsprodukte an der Oberfläche die durchlässige Schicht bilden, sind die alten Urgesteine: Gneis, Glimmerschiefer, Granit und der geologisch jüngere Sandstein. Die chemische Beschaffenheit dieser Gesteine ist fast gleich. Auch ihre Zersetzungsprodukte stimmen in dieser Hinsicht überein: jener Grus und Sand, der im Gebiete der schwarzen Flüsse fast überall zu finden ist, ist nichts anderes. als was wir in Afrika Laterit nennen Nun ist bekannt, daß Laterit sehr permeabel ist. Zufolge seiner Wasserkapazität hält er die Feuchtigkeit zurück, die durch Adhäsion an die Bodenteile, sowie durch Kapillarität der Hohlräume gebunden wird. Dadurch, daß nun unterhalb der durchlässigen Verwitterungsprodukte die undurchlässigen Tonsubstanzen und die Urgesteine und Sandsteine dem Wasser entgegentreten, sammeln sich allmählich die Wasser hier an, verdrängen die Luft aus den Poren der durchlässigen Schicht und füllen diese selbst mit ihrer Feuchtigkeit aus. Daß dadurch den sumpfbildenden Agenzien allein schon ein vorzüglicher Ort zu ihrer Entwicklung geboten ist, bedarf keiner nähern Ausführung. Doch nicht genug! Hier auf diesem feuchten und fruchtbaren Boden konnte sich auch eine Vegetation



Ed. Hch. Mayer, Verlag, Leipzig.

Die Missouri-Pacific-Eisenbahnbrücke über den Kansasfluß bei Kansas-City, nachdem das Wasser um 8 Fuß gefallen war.

Jahrbuch XV, 1904. Tafel V.

bilden, die einem Urwalde das Leben verlieh. Selten betritt ein menschlicher Fuß diese undurchdringlichen Wälder, keine Axt fällt die meterdicken Baumriesen. Wo der Sturm einen Stamm zu Boden wirft, bleibt dieser liegen. Aus den abgestorbenen Ästen und Zweigen, aus verfaulten Blättern, toten Waldpflänzchen und dichten Streumassen bilden sich am Boden schlammige Humus- und Moorschichten, die das Wasser aus der Atmosphäre mit Begierde aufsaugen und in dem undurchdringlichen Schatten des Walddickichtes auch leicht zurückhalten. Diese Moore sind echte Waldmoore (Holzmoore), im Walde und aus dem Walde entstanden, in ihren untern und obern Schichten fast völlig aus Waldresten und Baumstrünken zusammengesetzt.

Da im Gebiete der schwarzen Flüsse Kalkeinlagerungen so gut wie ganz fehlen, und die Tonschiefer, Granite, Glimmerschiefer und Sandsteine die Hauptbestandteile der festen Bodenschicht bilden, werden sämtliche Moore dort zu den kalklosen Mooren gerechnet werden müssen. Es kommt, wie hier betont sei, dabei nur auf die chemische Beschaffenheit des Wassers, das das Moor durchtränkt, an, nicht auf die chemische Beschaffenheit des Untergrundes des Moores."

Daß es aber im tropischen Südamerika nicht zur Torfbildung kommt, liegt, wie Senft auseinandersetzte, an den klimatischen Verhältnissen. Es müssen nämlich die durch des Sommers Wärme zur Verwesung angeregten Pflanzenreste durch des Winters Fröste in ihrer Verwesung gehemmt und ihre schon erzeugten Humussubstanzen unempfindlich gegen den Sauerstoff und die übrigen Verwesungspotenzen gemacht werden. Dies alles kann aber nur in denjenigen Landesgebieten der Erde stattfinden, in denen mit verhältnismäßig kurzen, häufig feuchten Sommern frostreiche Winter wechseln.

Eine merkwürdige, schon von Humboldt erkannte Tatsache ist, daß die Schwarzwasserflüsse arm an tierischem Leben sind. Sie beherbergen weniger Krokodile und noch weniger Fische, selbst die Moskitos, diese schreckliche Plage des Reisenden. finden sich dort nur in geringer Zahl. Diese Wahrnehmung ist von allen spätern Forschern bestätigt worden. Eine Erklärung der Tatsache ist aber schwierig. Reindl führt Gründe an, die es wahrscheinlich machen, daß die Armut der Schwarzwasserflüsse an Fischen durch die Armut an gewissen Mineralsalzen bedingt sei, namentlich durch das Fehlen von Kalk und Magnesia. Die Seltenheit der Moskitos an den Ufern der schwarzen Gewässer ist völlig unerklärt.

Schließlich zeigt Reindl, daß sich Schwarzwasserflüsse unter dem gleichen Tropenhimmel, unter den nämlichen Begleiterscheinungen und in fast gleichgroßer Ausdehnung auch in Afrika finden. So ist Nkoko ein von Norden kommender Nebenfluß des Congo, fast völlig schwarz, ebenso der Lukenje. Nicht minder haben Nordamerika und Asien ihre schwarzen Flüsse, endlich finden sich schwarze Wasser auch in Europa, in Nordirland, Schottland und Schweden. Auf die Ausführungen Dr. Reindls über die von verschiedenen Forschern gegebenen Erklärungen der Färbung der Schwarzwasserflüsse und die nach dieser Richtung hin angestellten Versuche kann hier nicht eingegangen werden. Die gesamten Resultate seiner Arbeit aber faßt Verf. in folgenden Thesen zusammen:

„1. Schwarzwasserflüsse finden sich nur in Gegenden, wo große verwesende Pflanzenmassen vorkommen.

2. Sie treten in Südamerika und auch anderwärts nur auf Gesteinen auf, die Alkalien enthalten, auf Granit, Gneis, Sandstein, Laterit, Ton, kurz auf Silikatgesteinen.

3. Sie fehlen durchaus auf Kalkboden.

4. Tritt ein Schwarzwasserfluß auf Kalkboden über, so verliert er nach kurzem Laufe seine schwarze Farbe und wird ein Weißwasserfluß.

5. Das Bett der Schwarzwasserflüsse ist weiß, das der Weißwasserflüsse, die Moorwasser aufnehmen, schwarz.

6. Die Schwarzfärbung führt sich darauf zurück, daß bei Anwesenheit von Alkalien im Wasser, wie sie stets auf Silikatgesteinen eintritt, die Humussäure mit diesen leichtlösliche, das Wasser braunfärbenden Verbindungen zum Teile saure Verbindungen eingeht.

7. In gleicher Richtung dürfte auch im Wasser gelöstes kohlensaures Eisenoxydul wirken.

8. Verstärkt mag die Schwarzfärbung für das Auge bei auffallendem Lichte durch das Fehlen suspendierter Partikel und die dadurch bedingte außerordentliche Klarheit der Gewässer werden, die tiefe Wasser stets dunkel erscheinen läßt.

9. Andere Momente, wie z. B. Beimengung von schwarzem, suspendiertem Schlamme, Auftreten von Diatomeen (Schwager) mögen lokal mitspielen, sind aber unwesentlich.

10. Das Fehlen von Schwarzwasserflüssen auf Kalkboden, sowie die Entfärbung derselben beim Betreten von Kalkboden führt sich auf den Ersatz der Alkalien in den humussauren Verbindungen durch Calcium und Magnesium zurück; diese humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen fallen als schwerlöslich aus.

11. Die weiße Farbe des Bettes der Schwarzwasserflüsse erklärt sich daraus, daß die Verbindungen der Lösungsprodukte der Silikatgesteine mit Humussäure überaus leicht löslich sind, daher in Lösung bleiben und das kohlensäurehaltige Wasser die Silikatgesteine, resp. deren zersetzbare Mineralien immer weiter löst; es bleibt weißliche Kieselsäure zurück.

12. Die schwarze Farbe des Bettes der Moorwasser enthaltenden Weißwasserflüsse dagegen führt sich auf die Ausfüllung der schwerlöslichen humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen zurück."

Seen und Moore.

Morphometrie der europäischen Seen. Dr. W. Halbfaß hat eine sehr mühevolle, umfassende und dankenswerte Arbeit über die morphometrischen Verhältnisse (Meereshöhe, Areal, Tiefe, Volumen, Umfang) der europäischen Seen veröffentlicht.[1]) Aus derselben ergibt sich u. a., daß 27 Seen Europas eine Tiefe von 200 *m* und mehr erreichen. Von ihnen liegen 14, also die Hälfte, auf der Skandinavischen Halbinsel, darunter die vier tiefsten, zehn in den Alpen oder am Rande derselben, zwei in Schottland, einer in Mazedonien. „Es ist sehr unwahrscheinlich," sagt Dr. Halbfaß, „daß außer dem Ladogasee, dessen Maximaltiefe noch nicht sicher feststeht, noch andere europäische Seen mit mehr als 200 *m* Maximaltiefe existieren, außer in Schottland oder in Norwegen. Alle tiefen Seen Europas liegen entweder am Rande der großen Gebirge oder in Gebieten geologischer Einbrüche; nicht weniger als 17 der Seen, darunter mit Ausnahme des Genfer Sees alle zwölf Seen über 300 *m* Tiefe, sind Kryptodepressionen, d. h. ihre Sohle reicht unter den Meeresspiegel. Einige der tiefsten norwegischen und schottischen Seen liegen mit ihrem Spiegel nur wenige

[1]) Zeitschr. d. Ges. f Erdkunde in Berlin 1904. Nr. 2 u. 3.

Meter über dem Meeresspiegel, und ein nur geringes Steigen des Meeres würde sie gerade so zu Fjorden machen, wie ein Sinken des Meeres viele Fjorde in Binnenseen umwandeln würde. So gering aber auch vom rein morphologischen Standpunkte aus der Unterschied zwischen manchen Fjordseen und eigentlichen Fjorden sein mag, so groß ist er vom seenkundlichen Gesichtspunkte aus, der die Seen als geschlossene Mikrokosmen auffaßt. Es erscheint mir daher nicht angängig, diese Fjordseen aus einer Zusammenstellung aller Binnenseen willkürlich auszuscheiden, wie dies hier und da wohl versucht worden ist. Von den eigentlichen Hochseen scheint der in 1968 *m* Meereshöhe in den Pyrenäen gelegene Lac Bleu mit 120.7 *m* Maximaltiefe der tiefste zu sein; doch ist es nicht ganz ausgeschlossen, wenn auch nicht gerade wahrscheinlich, daß es im skandinavischen Gebirge noch tiefere Hochseen gibt. — In Deutschland erreichen außer dem Bodensee nur noch der Walchensee, der Königssee und der Starnberger See eine Tiefe von mehr als 100 *m*; in Norddeutschland ist der Dratzigsee in Pommern mit 83 *m*, in Westdeutschland das Pulvermaar mit 76 *m* der tiefste See, beachtenswert ist der 50 *m* tiefe, ganz isoliert gelegene Arendsee in der Altmark und die Bernshäuser Kutte, ein kleines Einsturzbecken in der Rhön, mit 47 *m* Tiefe. Naturgemäß sind unsere Kenntnisse von dem Rauminhalte und der davon abgeleiteten mittlern Tiefe der Seen noch weit geringer als von der größten Tiefe. Wir kennen heute elf Seen in Europa, deren mittlere Tiefe größer als 100 *m* ist, an ihrer Spitze stehen der Brienzer See und der Lago Maggiore; doch dürfen wir nicht vergessen, daß die Topographie der norwegischen und schottischen Seen noch nicht genügend bekannt ist. Dem Rauminhalte nach steht, soweit unsere heutige Kenntnis reicht, der Onegasee mit 300.8 *ckm* voran, ihm folgt der Vänern mit rund 180 *ckm*, dem im weitern Abstande der Genfer See mit 90 und der Vättern mit 72 *ckm* folgen; von 13 Seen ist bekannt, daß ihr Kubikinhalt 10 *ckm* und mehr beträgt. Einen Inahlt von über 1 *ckm* besitzen in Deutschland der Bodensee (48.44 *ckm*) und in sehr weitem Abstande davon der Starnberger See, der Chiemsee, der Ammersee, der Walchensee und der Seenkomplex Mauersee in Ostpreußen; von den noch nicht genau ausgeloteten deutschen Seen ist möglicherweise noch die Müritz in Mecklenburg hierher zu rechnen. Den größten Umfang scheint nach dem Onegasee der inselreiche und zerklüftete Mälaren zu haben (900 *km*), dem der Vänern mit 780 *km* folgt; daran schließt sich der Bodensee an mit 285 *km* usw. Der Mälaren ragt auch durch seine enorme Umfangsentwicklung (7.5) unter allen größern europäischen Seen hervor. An der Spitze der steil geböschten Seen über 1 *qkm* Größe steht unser Königssee mit 20.5° mittlerer Böschung, ihm folgen Loch Katrine mit 17.0°, der Achensee und der Luganer See; von den 16 Seen, welche hier in Betracht kommen, ist der Lago Maggiore der größte mit 10.0°, ihm folgen in weitem Abstande der Luganer See mit 14.8° und der Brienzer

See mit 12.0°; von den übrigen Seen erreicht keiner 20 *qkm*. Von den Seen zwischen 30 und 100 *ha* Areal ist der Lac Caioullas in den Pyrenäen mit 23.2° der steilste; fünf Seen sind vulkanischen Ursprunges, zwei sind Karstseen, die übrigen sämtlich Hochseen. Unter den noch kleinern Seen steht die schon erwähnte Bernshäuser Kutte mit 34.5°, dem der kleine Seebachsee im Obersulzbachtal mit 31.3° folgt, an der Spitze. Mit einer Ausnahme sind alle diese Seen vulkanischen Ursprunges oder Karstseen oder Hochseen oder Einsturzbecken. Nur der Dampensee in Hinterpommern gehört keiner dieser Kategorien an; er ist wie noch manche andere kleinere pommersche Seen, deren mittlere Böschung 10° übersteigt, wahrscheinlich ein durch Evorsion entstandener See. Von den tiefen Alpenseen besitzen mehrere, wie z. B. der Genfer See, der Bodensee, der Gardasee, der Iseosee, eine nur mäßige mittlere Böschung, die bei keinem der genannten Seen 7½° überschreitet. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß unter sonst gleichen topographischen Voraussetzungen aus der Berechnungsart der mittlern Böschung folgt, daß sie bei kleinen Seen stärker wachsen muß als bei größern, und daß, da die Umfangsentwicklung auf ihre Größe einen entscheidenden Einfluß ausübt, der Maßstab der Karte, auf welcher die Berechnungen fußen, sehr wesentlich mitspricht."

Aus dem Detail seiner Angaben stellt Dr. Halbfaß einige Resultate tabellarisch zusammen, die hier wiedergegeben werden.

Tabelle 1.

Name des Sees	Tiefe in *m*	Name des Sees	Tiefe in *m*	Name des Sees	Tiefe in *m*
Hornindalsvatn	486	Genfer See	310	Iseosee	251
Mjosen	452	Lundevatn	310	Totak	250
Salvatn	445	Storsjo i Rendalen	301	Rosvatn	250
Tinnsjo	438	Luganer See	288	Loch Nefs	238
Comer See	410	Ochridasee	286	Hornafvatn	221
Lago Maggiore	372	Tyrifjorden	281	Thuner See	217
Gardasee	346	Breimsvatn	273	Bygdin	215
Loch Morar	329	Brienzer See	259	Vierwaldstätt. See	214
Vandvatn Övre	327	Bodensee	252	Bandakvatn	211

Tabelle 2.

Name des Sees	Mittlere Fiefe in *m*	Name des Sees	Mittlere Tiefe in *m*	Name des Sees	Mittlere Tiefe in *m*
Brienzer See	176	Ochridasee	146	Iseosee	123
Lago Maggiore	175	Gardasee	136	Vierwaldstätter	
Comer See	156 (?)	Vandvatn	133	See	104
Genfer See	154	Luganer See	130	Walensee	103

Tabelle 3.

Name des Sees	Volumen in *ckm*	Name des Sees	Volumen in *ckm*	Name des Sees	Volumen in *ckm*
Onegasee	300.8	Thuner See	6.5	Ostrovosee	1.95
Vänern	180 (?)	Prespasee	5.307	Plattensee	1.862
Genfer See	89.99	Brienzer See	5.17	Ammer See	1.74
Vättern	72 (?)	Wojimsjö	5	Scutarisee	1.70
Gardasee	50.346	Malgomaj	5	Loch Tay	1.645
Bodensee	48.44	Lago di Bracciano	4.95	Vandvatn	1.534
Ochridasee	39.4	Attersee	3.934	Unterer Lough Erne	1.46
Lago Maggiore	37.1	Züricher See	3.9		
Lago di Como	22.5(?)	Lough Neagh	3.8	Lough Corhib	1.4
Hornafvan	22	Lac du Bourget	3.62	Walchensee	1.357
Neuenburger See	14.17	Zuger See	3.21	Lough Mask	1.3
Vierwaldstätter See	11.82	Starnberger See	3.034	Ortasee	1.293
		Loch Lomond	2.9	Millstätter See	1.228
Mälaren	10 (?)	Loch Awe	2.75	Mauersee	1.15
Lago di Bolsena	8.922	Walensee	2.49	Sseliger See	1.141
Lago d'Iseo	7.6	Gmudener See	2.302	Lac d' Annecy	1.23
Storuman	7.2	Chiemsee	2.204	Lough Derg	1.1
Luganer See	6.56	Peipussee	2.075	Loch Ericht	1.075

Tabelle 4.

Name des Sees	Umfang *km*	Name des Sees	Umfang *km*	Name des Sees	Umfang *km*
Mälaren	900	Lago Maggiore	170	Lough Neagh	130
Vänern	780	Skutarisee	162	Vierwaldstätter See	110
Bodensee	284.5	Gardasee	162		
Vättern	280	Lough Corhib	153	Unterer Lough Erne	110
Genfer See	175.4	Loch Awe	140		
Oberer Lough Erne	175	Lough Ree	136	Prespasee	104

Tabelle 5.

Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal *qkm*	Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal *qkm*
a. Über 1 *qkm* Größe.					
Königssee	20.5	5.17	Hallstätter See	11.9	8.22
Loch Katrine	17.0	12.38	Poschiavosee	11.7	1.96
Achensee	14.8	7.34	Millstätter See	11.7	13.25
Luganer See	14.8	50.46	Lüner See	11.4	1.48
Molvenosee	13.2	3.27	Wastwater	11.3	2.91
Plansee	13.1	3.40	Lago di Mergozzo	10.6	1.83
Brienzer See	12.0	29.78	Lago Maggiore	10.0	212.16
Loch Ericht	11.9	18.67	Heiterwangsee	10.0	1.4

Tabelle 5.

Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm	Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm
b. Größe zwischen 30 *ha* und 1 *qkm*.					
		ha			
Lac Caïoullas	23.2	39.9	Lac d'Issarlès . . .	17.2	92
Lac de la Girotte . .	22.1	57	Kozjak	16.6	79
Lac Pavin	20.5	44	Vorderer Gosausee .	15.5	53
Toplitzsee	20.0	54	Rybi Staw.	14.8	31
Wielki Staw . - . .	20.0	33	Proscesee	14.1	63
Lac d'Oo	19.5	38	Lac Orédon	14.0	43.2
Pulvermaar	18.2	35	Lac Chauvet	12.2	53
Lac Tazanat	17.5	34.6	SchwarzerSee inSalzburg	12	48
c. Seen von 30 *ha* Fläche abwärts.					
		ha			
Bernhäuser Kutte . .	34.5	3.5	Feldsee	16.3	9.8
Kl. Seebachsee in Ober-		0.44	Schwarzer See (Vogesen)	16.2	12.2
Sulzbachtal . . .	31.3		Czarny Staw . . .	16.0	16.9
Buchensee	24.0	0.1	Zadny Staw	16.0	5.6
Osredalk	23.2	0.6	Schurmsee	15-6	1.6
Milanovac	22.5	3.6	Unterer Wildgerlossee	15.5	10.45
Meerauge	22.4	18.4	Wildkarsee i. Wilger-		
Schönsee	22.0	1.8	lotal	15.4	1.3
Ulmener Maar . . .	21.4	5.35	Bokkarsee	15.3	2.62
Vorderer Lahngangsee .	21.0	19.4	Przdny-Staw. . . .	15.3	7
Weinfelder Maar . .	18.9	16.8	Weißer See (Vogesen)	15.0	28
Gemündener Maar . .	18.2	7.2	Seeloch bei Wechsungen	15.0	1.95
Kalugjerovac	18.2	1.8	Gr. Koppenteich . .	15.0	6.5
Seekarsee in Krimmler		4.2	Lac Godivelle d'en haut	14.6	14.8
Achental	17.6		Dampensee	14.5	7
Foißkarsee	17.6	1.17	Jüssee	14.4	7.4
Krottensee	17.5	9	Seelisberger See . . .	14.4	18.3
Czarny Staw (5 Seen)	17.0	10.7	Hutzenbacher See . .	14.3	2.6
Kago di Mar	16.7	4.5	Lac de Gaube . . .	14.3	17
Lileiner See Plitvice .	16.5	1.2	Teufelssee (Böhmer-		
Cginovac	16.5	4.8	Wald)	14.2	9.7

Die Farbe der Seen behandelte Frhr. O. von und zu Aufseß.[1]) Auf Grund zahlreicher experimenteller Versuche im Laboratorium und auf einer Anzahl Seen Oberbayerns und des Böhmer Waldes, kommt Verfasser zu der Überzeugung, daß die Farbe eines jeden Sees wie auch jeden andern Gewässers keineswegs als Farbe trüber, im Wasser befindlicher Medien, sondern als eine Eigenfarbe aufzufassen sei, die ihre Ursache zunächst in der Eigenfarbe des reinen Wassers (blau) habe, dann aber wesentlich modifiziert werde durch den chemischen Gehalt des Wassers, der natürlich von dem geologischen Charakter der nähern und weitern Umgebung abhängt. Auf diesem

[1]) Dissert. München 1903. Ref. von Halbfaß in Globus **85**. p. 295.

Resultate fußend, verwirft Verfasser die bekannte Forel-Ulesche Farbenskala und teilt die Seen in bezug auf ihre Eigenfarbe in vier Gruppen: 1. Blaue Seen (Typus Achensee). 2. grüne Seen (Blau wird schwach absorbiert, Typus Walchensee), 3. gelblichgrüne Seen (Blau wird stark absorbiert, Typus Kochelsee) und 4. gelbe oder braune Seen (Blau wird vollständig absorbiert, Typus Staffelsee). Diese Unterschiede können meist schon mit bloßem Auge, völlig sicher aber mit Hilfe eies Taschenspektroskops oder einer Haidingerschen Lupe konstatiert werden..

Der Okullsee im südlichen Ostpreußen ist von Dr. G. Braun geographisch beschrieben worden. [1]) Er bildet mit einigen kleinen Seen ein Gruppe und ist nebst dem dazu gehörigen Kortsee vom Verf. 1902 ausgelotet worden. Die größte Tiefe beträgt 35 *m* und findet sich ziemlich in der Mitte. Die Gruppe des Okullsees stellt in Terrain und Beckengestalt der Seen den Typus der Grundmoränenseen in sehr reiner Ausbildung dar und kann als Muster dieser Landschaftsform dienen.

Seiches im Chiemsee. Vom 4. April 1902 bis 15. Februar 1903 sind an zwei Punkten (im Westen und Norden) des Sees mit Sarasinschen Limnometern anhaltend und an zehn andern Punkten mit transportablen Limnographen, Aufzeichnungen über die Schwankungen des Wasserstandes erhalten worden. A. Endrös hat dieselben untersucht [2]) und findet, daß am Chiemsee die Existenz von zwölf verschiedenen Schwankungsperioden und die ungefähre Lage ihrer Schwingungsknoten nachweisbar ist. Schon die bloße Aufzählung dieser verschiedenen Schwingungstypen zeigt, wie ungemein kompliziert die Bewegungen dieser Wasseransammlung sind, und daß es selbstverständlich nicht möglich ist, bei der höchst unregelmäßigen Gestalt des Sees zu einer vollkommenen Analyse der Erscheinungen zu gelangen. Die Beobachtungen geben zunächst eine vorläufige Orientierung über die verschiedenen sich hier komplizierenden Seiches, die im einzelnen durch weitere Beobachtungen noch werden amendiert werden können. Außer der Existenz dieser periodischen Schwankungen war von besonderm Interesse der Nachweis, daß der See, auch wenn er mit einer 30 *cm* dicken Eisschicht bedeckt war, Schwankungsbewegungen zeigte, und daß sie vorzugsweise durch plötzliche Änderungen des Luftdruckes hervorgerufen werden, während der Wind an sich fast gar keinen Einfluß ausübte.

Über stehende Seespiegelschwankungen (Seiches) verbreitete sich Prof. Dr. W. Halbfaß [3]) und gibt dabei die nachfolgende tabellarische

---

[1]) Petermanns Mitteil. 1903. p. 265.

[2]) Seeschwankungen (Seiches), beobachtet am Chiemsee, Traunstein 1903. Dissert.

[3]) Naturwiss. Wochenschr. 1904. p. 881.

Zusammenstellung derjenigen Seen, bei welchen Seiches bisher nachgewiesen wurden, sowie nähere Daten über die letztern.

Name des Sees	Areal *qkm*	Volumen *Mill.-cbm*	Dauer der Haupt-schw. (in Minuten)	Dauer d. ersten Ober-schw. (in Minuten)	Ver-hältnis beider	Maximum der Amplitude *cm*
Bodensee	538	48 440	55.8	28.1	1 : 0.50	11.5
Bolsenasee	114.5	8 922	14.75	?	?	über 25
Brienzer See	29.8	5 170	9.8	?	?	
Chiemsee	85	2 204	43.2	28.9	1 : 0.67	30
Eriesee	25 900	?	960 840	?	?	398
Gardasee	370	50 346	43 40	22.6 22	1 : 0.53 1 : 0 55	7
Genfer See	582	90 000	73	35.5	1 : 0.48	197
Desgl. Querseiche	—	—	10	5	1 : 0.5	
Gmundner See	25.65	2 302	11.7	?	?	23.1
Hakoresee	?	?	15.4	6.75	1 : 0.44	
Joux. lac de	9.52	160	12.4	?	?	
Madüsee	36	726	35.6	20.3	1 . 0.57	7
Neß Loch	50	?	31.5	15.3	1 : 0.49	9
Neuenburger See	240	14 170	50	24.3	1 : 0.49	11
Osensjoen	47	?	18—19	?	?	1.5
Oieren	?	?	30	?	?	1.2
Pavin, lac	0.44	23	0.9	0.45	1 : 0.45	10
Plattensee (Querseiche der nordöstl. Hälfte)	591	1 826	117	60	1 : 0.51	25
Randsfjorden	136	?	24	?	?	2.8
Silfersee	4.16	143	4.7	?	?	
Storsjoen i Rendalen	51.2	?	13—14	?	?	2.9
Starnberger See	57	3 034	25.0	15.8	1 : 0.59	5
Thuner See	48	6 500	15	7.5	1 : 0.5	
Trieg Loch	?	?	9.5	?	?	1.4
Vierwaldstätter See	114	11 820	44.7	24.4	1 : 0.55	24
Desgl Querseiche	—	—	18.26	9.27	1 : 0.51	17.5
Walensee	23.27	2 490	14.5	?	?	
Züricher See	88	3 900	45.6	23.8	1 : 0.52	

Die Seen des Karstgebietes bilden seit Jahren das Objekt der Untersuchungen und Studien von A. Gavazzi, der auch die meisten Wasserbecken des Karstes in Österreich, Kroatien, Bosnien und der Herzogowina selbst besucht hat. Er unterzog seinen Untersuchungen nicht nur die beständigen Seen, sondern auch jene ringsum geschlossenen Becken, welche sich nur gelegentlich, aber alljährlich als Seen darstellen, sonst aber trocken liegen. Von seiner Arbeit ist nunmehr der erste Teil, welcher das morphologische Material bringt, erschienen.[1]) In demselben behandelt er folgende Seebecken:

[1]) Abhdlg. d k. k. geogr. Ges. in Wien. **5.** 1903—1904. Nr. 2.

1. Beständige Seen: A. Süßwasserseen: Doberdob; Čepić; Njivice; Vrana istrian.; Plitvice; Vrana dalmat.; Blidinje; Proložac; Imotski; Roter See; Galjipovac; Baćine. B. Brackwasserseen: Blato (Meleda); Blatina (Meleda); Mor (Veglia); Site (Sebenico); Slatina (Cherso); Prožura (Meleda). C. Salzwasserseen: Muravnjak; Zablaće (Sebenico); Sukošan (Zara); Rogoznica (Sebenico); Slatina (Meleda); Narenta-Seen: Gjuvelek, Desno, Modrooko, Vlaška; Novigrad und Karin; Prokljan.

2. Periodisch inundierte Becken: A. Periodische Seen: Zirknitz; Palčje; Peteline; Kukuljanovo; Begovac; Dabar (Kroatien); Konjsko; Kosmačevo; Švica; Schwarzer See; Bokanjac; Nadin; Bitelić; Buško blato; Mostarsko blato; Rastok; Jezerce; Plina; Blato (Curzola). B. Periodisch inundierte Poljen: Račna; Planina; Laas; Rakitnitz; Hrušica; Movraž; Lanišće; Jasenak; Drežnica; Ponikva; Lug; Črnac (Kroatien); Stajnica; Korenica; Krbavica; Palanka; Bilopolje; Bujadnica; Krbava; Podlapac; Lapac; Mutilić; Brezovac; Podrašnica; Gračac; Popina; Crnac (Bosnien); Marinkovci; Glamoč; Livno; Slato; Lukavac; Dabar (Herzegowina); Fatnica; Popovo (Herzegowina); Konavle.

Den einzelnen Darlegungen läßt Gawazzi einige allgemeine Schlüsse über die Hydrographie der periodischen Karstbecken folgen, von denen Nachstehendes das Wesentliche ist.

1. Bewässerung der Becken. „Diese erfolgt auf dreifache Weise: durch Flüsse (Bäche), Quellen oder direkte Regenwässer, welche gewöhnlich vereint das Objekt mit Wasser füllen. Je nach der Menge und Stärke nimmt auch der Regen an der Inundation des Beckens teil. Dieser Faktor kommt nur dann mit seiner ganzen Stärke zur Geltung, wenn das Becken schon unter Wasser liegt: der direkte Regen erhöht den Seespiegel.

Abgesehen von der Periodizität sind zwei Gruppen von Quellen zu unterscheiden. Das nach normalem Verlaufe aus der Erde ausgetretene Wasser wird als „Grundwasserquelle" bezeichnet. In den Karstbecken treten solche Quellen gewöhnlich auf Gehängen auf, sind aber auch weit vom Becken entfernt zu finden. In diesem Falle bildet sich ein Bach, der somit aus einem großen, manchmal auch dem betreffenden Becken ganz fremden Einzugsgebiete Wasser führt (Graćac).

Neben diesen Quellen treten auch solche auf, welche Ausmündungen unterirdischer Kanäle, manchmal auch die Fortsetzung sich verschlundender Bäche oder Flüsse sind, und nur zu bestimmten Jahreszeiten große Wassermassen ausspeien. Eine solche Quelle ist mit dem Namen „Karstwasserquelle" bezeichnet. Die meisten Karstbecken werden durch solche Speilöcher unter Wasser gesetzt.

Die Flüsse sind nach Cvijić im allgemeinen von geringer Bedeutung für die Inundation und nur wenige Poljen werden durch oberirdische Flüsse überschwemmt,

2. Die Entwässerung des Beckens bewirken enge Fugen und Spalten im Gesteine am Rande desselben oder die sogenannten Ponore (Schlundlöcher). Nach der Lage unterscheidet man zwei Typen von Ponoren.

a) Die Sohlenponore liegen inmitten des Bodens und sind entweder offen oder maskiert (gedeckt).

Die offenen Sohlenponore sind trichterförmige Vertiefungen. bei denen die obersten Partien aus alluvialen Bildungen bestehen und die untersten im Gesteine ausgehöhlt sind. Hier hat ihren Anfang die sogenaunte Kehle (kroatisch: grlo), welche zu unterirdischen Kanälen führt, Sie verschlucken, wenn gereinigt, bedeutende Wassermengen.

Die gedeckten (maskierten) Sohlenponore sind zweifach. Die einen, früher offene Sohlenponore, werden jetzt von Sand, Schlamm, Geröllen, Blättern überlagert und verstopft, so daß man den eigentlichen Schlund (die Kehle) nicht sieht. Die andern sind trichterförmige Schwemmland-dolinen, mit denen der Poljenboden besät ist; wir können sie als Embryo eines Ponors bezeichnen, der sich langsam bildet.

b) Die Randponore sind Öffnungen im anstehenden Gesteine der Gehänge des Beckens, aber nur in geringer relativer Höhe. Sie stürzen sich entweder steil zur Tiefe ab, und der Fluß schießt als brausender Wasserfall in den Schlund hinab, oder sie stellen flachgeneigte Höhlengänge dar, die man ein gutes Stück verfolgen kann. In diesem letzten Falle kann das eigentliche Schlundloch tief ins Gebirge verlegt werden, was eine Folge der Niederschläge, welche das Gestein lockern, und des Winddruckes (zuweilen auch eines Erdbebens) ist. Die Decke bröckelt sich zuerst am Eingange und dann immer weiter, der Höhlengang öffnet sich nach und nach an den obern Partien; es entsteht dadurch ein kleiner Cañon,

Werden die Ponore verstopft, oder liegen sie nicht an der tiefsten Stelle des Abhanges, sondern etwas höher, so sind ausgedehnte und langdauernde Überschwemmungen unvermeidlich.

Alle diese Ponore sind die obern Eingänge von Fugen, Kanälen oder Höhlen, in denen die Gewässer verschwinden, um in einem tiefern Horizonte gelegentlich als starke Quellen wieder ans Tageslicht zu treten.

3. Ein Bindeglied zwischen den Ponoren und den Speilöchern sind die Estavellen, d. i. Öffnungen, welche während der Zeit der starken anhaltenden Regen als Speilöcher, dagegen, wenn der Wasserzufluß aufhört, als Sauglöcher tätig sind. Dieses Naturspiel erklärt Hauer folgendermaßen: Denken wir uns einen unterirdischen Wasserlauf, der unter dem See zieht und an irgend einer Stelle durch einen etwa aufsteigenden Gang mit dem Seebecken kommuniziert. Bei starkem Wasserzuflusse kann das Wasser nicht rasch genug durch den unterirdischen Kanal nach abwärts abfließen; es muß steigen, und die Öffnung wird als Speiloch wirken. Beim Eintritte niedrigen Wasserstandes entleert sich der unterirdische Kanal, und die Öffnung wird als Ponor funktionieren, da jetzt das Wasser durch den abwärts verlaufenden Kanal abfließen kann.

Der Lage nach sind zwei Gruppen von Estavellen zu unterscheiden:

a) Die Sohlenestavellen sind trichterförmige, den offenen Sohlenponoren ähnliche Gebilde. Ihr Durchmesser variiert zwischen etwa 5 *m* bis 30 *m* (die „Brême“ in Franche-Comté).

b) die Randestavellen sind den felsigen Randponoren ähnlich. Von den Estavellen des Zirknitzer Sees gehören die zwei größten, die „Vranja jama“ und die „Suha dolica“ zu diesem Typus; sie liefern den größten Teil des Wassers, welches das Becken füllt.

4. Die periodische Seebildung in den Karstbecken ist ein Produkt vieler Faktoren, welche keinen beständigen Charakter zeigen. In niederschlagsreichen Jahren liegen die Karstbecken längere Zeit ununterbrochen oder mehrmals im Jahre unter Wasser. Solche Verhältnisse herrschen bei jenen Becken, bei welchen der Boden innerhalb der Karstwasserschwankung liegt. Dazu tragen sehr viel auch die Ponore bei. Ist ihre Saugfähigkeit infolge der Verstopfung klein, so staut sich das Wasser auch in minder niederschlagsreichen Jahren auf, und der See dauert ungewöhnlich lang. Dasselbe ereignet sich, wenn die Hauptponore über der Bodenfläche des Beckens

liegen: sie verschlucken das Wasser erst, nachdem sie von diesem selbst erreicht werden.

Die regelmäßige jährliche Inundation ist an die regenreiche Jahreszeit oder an eine plötzliche Schneeschmelze und ihre Dauer an die Regenmenge, beziehungsweise Dichtigkeit, sowie an die Saugfähigkeit der Ponore gebunden.“

Die wissenschaftliche Untersuchung der schottischen Seen seitens der unter Oberleitung von Sir John Murray stehenden Kommission ist im Jahre 1903 vollendet worden, nachdem sie auch auf die äußern Hebriden, die Orkney- und Shetlandsinseln ausgedehnt wurde. Dr. Halbfaß gibt eine kurze Übersicht der Hauptergebnisse dieser Arbeiten, der folgendes entnommen ist. [1]) Sämtliche behandelten Seen liegen nach der geologischen Aufnahme von Peach und Horne in einem Gebiete, das einst vollständig vergletschert war. Die meisten von ihnen, und namentlich die kleinern und schmälern, sind als Moränenstauseen anzusprechen; einige der größern, so namentlich die Lochs Ericht, Laidon, Garry und Lyon, liegen längs Verwerfungsspalten, sind also überwiegend tektonischen Ursprunges. Loch Rannoch, Loch Tummel, Loch Earn, Loch Jubhair und Loch Dochart, vielleicht auch Loch Tay werden als Felsbecken aufgefaßt, die durch die Tätigkeit des Eises erodiert wurden. Loch Tay bildet ein vollkommen einheitliches Becken mit der größten Tiefe in der Mitte; im Loch Rannoch finden sich im östlichen Teile drei voneinander getrennte Vertiefungen, das westliche Ende ist in allmählicher Verlandung begriffen; Loch Earn, Loch Lintrathen und Loch Freuchie sind gleichfalls einheitliche Becken, während der Boden der übrigen größern Seen aus mehrern Becken besteht.

Auch die Seen im Assyntdistrikte in Sutherlandshire sind nach Ansicht der Landesgeologen Peach und Horne sämtlich durch Eiserosion entstandene Felsbecken. Der größte und tiefste der untersuchten Seen ist Loch Tay, in 106.5 *m* Meereshöhe mit einem Areale von 26.39 *qkm*, 155 *m* größter Tiefe und einem Volumen von 1 606 000 000 *cbm*.

Der Balkaschsee ist während des Jahres 1903 von einer russischen wissenschaftlichen Expedition erforscht und von der turkestanischen Militärverwaltung neu aufgenommen worden. Über die Ergebnisse liegen erst vorläufige Mitteilungen von A. Woeikow vor. [2]) Hiernach sind die frühern Karten in vielen Punkten ungenau, besonders fehlen darauf die fjordartigen Buchten im Westen des Sees. Dessen Länge beträgt etwa 690 *km*, seine Breite 60 bis 85 *km*. Die Fauna hat Ähnlichkeit mit der des Lob-nor, nicht aber mit der aralo-kaspischen. Merkwürdig ist, daß dieser abflußlose, in sehr trockenem Klima gelegene See eine Süßwassersee ist. Seine größte Tiefe beträgt nur

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. Literaturber. p. 102.
[2]) Petermanns Mitteil. 1903. p. 285.

11 *m*, das Wasser ist trüb, und der Boden sehr eben. Die Wassertemperatur am Boden und an der Oberfläche ist nur sehr wenig verschieden; von Ende Juli bis Anfang September war sie 18 bis 25°. Das Wasser ist im Steigen begriffen, nach Aussagen der Kirgisen seit wenigstens zehn Jahren. Ein Teil des Fahrweges, welcher am Westufer vorbeigeht, ist überschwemmt. An vielen Orten stand Populus diversifolia im Wasser, und zwar Ende des Sommers. Überhaupt mehren sich die Nachrichten über die Zunahme des Wassers in Seen eines großen Teiles Asiens. Zu den frühern von Berg und Ignatow gebrachten Nachrichten über das Steigen des Aral und vieler Seen der Kirgisensteppe gesellt sich jetzt der Balkasch und Issykkul (letzterer in den letzten drei Jahren); es kommen auch Nachrichten über die Zunahme der Gletscher in Turkestan.

Der Kossogolsee ist von Peretoltschin untersucht worden, und Woeikow gibt von der Publikation dieses Forschers einen kurzen Auszug.[1]) Hiernach besitzt der See eine größte Länge von 133 und eine größte Breite von 33½ *km*; seine mittlere Tiefe beträgt etwa 150 und seine Seehöhe 1668 *m*. Der Ausfluß des Sees ist der Fluß Eg. Der See gefriert Anfang Dezember und wird erst Ende Juni eisfrei. Sein Wasser ist sehr klar.

Seiches in japanischen Seen. Solche sind jetzt im 60 *km* langen Biwasee und im Hakonesee nachgewiesen.[2]) Als Beobachtungsinstrumente dienten ein Sarasinsches Limnometer und ein von den Forschern selbst konstruiertes einfacherer Natur. Am Biwasee ergaben sich in bezug auf die Dauer der Schwingungen ganz außerordentlich große Abweichungen, sie bewegten sich nämlich zwischen 231.06 und 4.50 Minuten. Die Ursache davon ist zum Teile in der Aufstellung an verschiedenen Orten des ziemlich unregelmäßig gestalteten Sees zu suchen. Aus der in Otsu, am Südende des Sees, beobachteten größten Schwingungsdauer würde sich in ihrer Längserstreckung eine mittlere Tiefe des Sees von nur 7.5 *m* ergeben. Am Hakonesee ergab sich 15.4 Minuten als mittlere längste Schwingungsdauer zwischen Hakone und Hyakkan, welche mit der aus der Länge des Sees und seiner mittlern Tiefe (24.6 *m*) theoretisch berechneten recht gut übereinstimmt. Neben dieser Uninodalschwingung konnte noch eine als Binodalschwingung anzusprechende Schwingung von rund 6.75 Minuten konstatiert werden.

Den Tsadesee und seine Veränderungen besprach Dr. S. Passarge.[3]) Der Karte und Darstellung Destenaves zufolge, weist der Tsade

---

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 152.
[2]) Globus **85**. p. 68.
[3]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 210.

folgende Verhältnisse auf. Er stellt ein Dreieck vor mit einer Basis von 170 *km* Länge und einer Höhe von 180 *km*. Der Flächeninhalt ist rund 20 000 *qkm*. Der westliche Teil des Sees ist rund 10 bis 12 *m* tief und inselfrei. Die Flutschwelle beträgt 1.20 *m*. Der See ist in beständigem Vordringen gegen W begriffen und verschlingt dort Land. Im O sind die Verhältnisse durchaus andere. Dort vermittelt eine Zone von langgestreckten schmalen Inseln, die durch lange schmale, untereinander vielfach kommunizierende Kanäle getrennt werden, den Übergang zum Lande. Die Längsachsen der Inseln und Kanäle sind alle einander parallel angeordnet und streichen von NNW nach SSO. Die Tiefe der Kanäle schwankt zwischen 1.50 und 6 *m*. Die Inseln sind flache, eben aufragende Sand- und Schlammbänke bis 15 bis 20 *m* hohe bewaldete Inseln. Die erstern liegen in der Nähe der freien Wasserfläche des Sees im W, die hohen im O nach dem Lande zu.

Der Übergang vom See zum Lande vollzieht sich in folgender Weise. Die Kanäle, welche die Inseln trennen, greifen tief in das Land hinein, durchfurchen das Plateau, werden, je weiter vom See entfernt, um so mehr abgeschnürt und in isolierte Becken zerlegt. Während die Lagunen anfangs noch mit dem See dauernd kommunizieren und süßes Wasser haben, werden die abgeschnürten Partien nur noch zur Flutzeit und schließlich gar nicht mehr gefüllt. In den sich abschnürenden Partien entwickeln sich infolge der beständigen Salzzufuhr mit dem Flutwasser und Verdunsten des Wassers während der Trockenzeit Natronseen, ähnlich dem Karabugas des Kaspischen Meeres. Foureau zog mit seiner Expedition durch das Übergangsgebiet zwischen den bereits abgeschnürten Natronseen und den Kanälen hin, die mit dem Tsade noch in Verbindung stehen. Als er nach O abbog und in das sandige Plateau vordrang, fand er dasselbe geradezu durchlöchert von Kesseln und von gestreckten geschlossenen Tälern mit Natronseen. Dieses Gebiet liegt aber sehr nahe den von Nachtigal besuchten Natrontälern südlich von Lilloa. Letztere dürften also durchaus den gleichen Charakter haben wie die in der Nähe des Tsade, die sicher aus den Kanälen der Inselwelt hervorgegangen sind.

Während der See nach W vordringt, verlandet er auf der Ostseite immer mehr. Die Kanäle werden abgeschnürt, die Inseln treten mit dem Lande in Verbindung, neue Sandbänke treten auf, die zu Inseln werden. So geht der Prozeß unaufhörlich vor sich. Auf der Südostseite soll der See in den letzten zehn Jahren um 1 *km* zurückgewichen sein. Die Verlandung äußert sich auch darin, daß der Bahr el Ghasal, einst dauernd ein breiter Ausfluß aus dem Tsade nach der Landschaft Bodele, aufgehört hat zu fließen. Nur vorübergehend wird er noch mit Wasser gefüllt, so z. B. im Jahre 1870 auf 50 bis 60 *km* hin. Er beginnt am Tsade mit einer von Inseln erfüllten Bucht. Nachtigal nahm bereits an, daß er von den Alluvionen des Schari

abgedämmt werde, und daß deshalb der Tsade, seines Ausflusses beraubt, jetzt nach W vordringe. Das Wasser des Tsade ist nach den Berichten der ältern Reisenden (Barth, Vogel, Nachtigal) völlig süß, Destenave aber fand, daß es während des Tiefstandes doch etwas salzig sei. Der Widerspruch dürfte erklärlich sein. Dem Bahr el Ghasal verdankte der Tsade die süße Beschaffenheit seines Wassers. Seitdem dieser Ausfluß aufgehört hat, dauernd zu fließen, beginnt der Salzgehalt zu steigen und sich dem Geschmacke während der Trockenzeit bemerkbar zu machen.

Die Ähnlichkeit zwischen den Enneris (d. h. geschlossene Täler und Mulden) von Kanem und den Kanälen mit den Natronseen, die aus der Inselwelt des Tsade hervorgehen, ist so groß, daß man sich wohl kaum der Ansicht wird verschließen können, daß die Täler Kanems ursprünglich Kanäle in der Inselwelt des Tsade gewesen sind. Bei Betrachtung der Insel- und Talbildung sind nach Passarge zwei Erscheinungen zu erklären, einmal das Vordringen des Tsade gegen W, sodann die Verlandung und Inselbildung im O. Die gewaltige Hochflut des Schari, der in seinem Unterlaufe 1000 *m* breit und sehr tief ist, schlägt im See, entsprechend der Richtung eines der Hauptarme, eine nordwestliche Richtung ein, d. h. verursacht einen Strom, der gegen das Westufer anstößt, hier erodierend wirkt und den weichen tonigen Alluvialboden mitreißt. Daher ist das Wasser in dieser Region gelb und schlammig. Die Strömung geht anscheinend um das Nordende herum, streicht, von dem Komadugu Joobe unterstützt, an der Nordseite entlang und erreicht die Ostseite. Hier setzt sich das mitgeführte Sediment ab, das Wasser wird klar. Daher ist der See hier flach geworden.

Der Absatz von Sedimenten im O dürfte auch dadurch gefördert werden, daß der Ostarm des Schari, nach Destenaves Karte, eine nördliche Richtung hat, sein Wasser also mit obigem Strome an der Ostküste zusammentreffen und eine Stauung hervorrufen muß.

Für das Vordringen des Sees nach W macht Barth Landsenkungen verantwortlich, die durch Nachgeben der unter den oberflächlichen Bodenschichten befindlichen mächtigen Kalkbank entstanden sein sollen. Diese Kalkbank für Landsenkungen verantwortlich zu machen, hält Passarge mit Recht für gewagt. Er möchte vermuten, daß, abgesehen von der Erosion, die wohl durch den nach NW gerichteten Hauptarm des Schari ausgeübt wird, auch der starke und meist stürmische Nordostpassat eine wichtige Rolle spielt.

Dieser starke Nordostpassat dürfte nach Passarge auch bei der Verlandung der Ostseite eine sehr wichtige Rolle spielen. Er kommt aus der Sahara, und man darf daher annehmen, daß er aus der Wüste bedeutende Staub- und Sandmassen mitführt, über das Steppenland Kanem ausbreitet und zum Teile auch durch dieses relativ vegetationsarme Land hindurch führt bis zum Tsade. Auf den bewaldeten Inseln, in den Kanälen werden dann Sand und Staub definitiv fest-

gehalten. Daß diese Sandzufuhr tatsächlich stattfindet, geht daraus hervor, daß die Inseln ebenso wie das Plateau von Kanem aus Sand bestehen, nicht aber aus dem Alluvialschlamme des Tsade. Wir dürfen also annehmen, daß durch äolische Zufuhr die Inseln beständig erhöht und die Ostseite des Sees durch eingewehten Sand und eingeschwemmten Schlamm ausgefüllt wird. Dadurch wird das Wasser aber auch aus der Ostseite des Sees verdrängt und dringt nach W hin vor — ein neuer Grund für das Vordringen des Sees in dieser Richtung. Die geringe Tiefe des Sees im O und die Zunahme derselben nach W hin spricht ferner für die Richtigkeit der Annahme, daß die Ostseite des Sees ausgefüllt, die Westseite aber vertieft wird.

Der Schirwasee in Afrika, ist seit einigen Jahren völlig verschwunden. Was von der frühern Insel Mchisi aus noch zu erblicken ist, ist ein Sumpf an dem ehemaligen westlichen Seeufer und einige seichte Lachen an den Flußmündungen. Die Kanus, mit welchen die Eingeborenen seit undenklichen Zeiten den See befuhren, liegen auf dem ausgetrockneten Schlamme, indessen man zu Fuß nach Tongwe, der kleinen bewohnten Insel, gelangt. Der Schlamm ist stellenweise noch weich; aber an der Oberfläche ist er ganz hart, mit welkem Grase bedeckt, das oft in Flammen aufgeht. Ein kleiner Brunnen in der Nähe der Missionsschule auf der Insel versorgt die Eingeborenen in der Umgebung mit gutem Wasser, obgleich das Seewasser brackig ist oder war. Wegen anhaltender Dürre wächst auf der Insel nur spärliches Futter, weshalb viele Bewohner nach dem Zombadistrikte auswandern. [1])

Der Eyresee in Australien ist von Prof. Gregory untersucht worden. [2]) Demgemäß hatte dieser See in einer gewissen Periode der Vergangenheit eine bei weitem größere Ausdehnung als heute und muß einen großen Teil von Süd- und Mittelaustralien bedeckt haben. Heute ist er ein totes Meer ohne Strömung, mit stagnierenden Gewässern und völlig unfruchtbaren Ufern; der Spiegel des Sees liegt jetzt 12 *m* unter der Meeresoberfläche und hat eine Fläche von etwa 10 000 *qkm*. Natürlich ist das Wasser des Sees sehr salzig. Die Wasserabnahme hängt offenbar mit klimatischen Veränderungen zusammen, und Prof. Gregory glaubt, daß ein großer Teil der Oberfläche Australiens in einer nicht sehr entlegenen Zeit erhebliche Veränderungen seiner Bodengestalt erlitten habe.

Die Auftrocknung des großen Salzsees. Hierüber macht A. Erbstein einige Angaben. [3]) Der in 1285 *m* Meereshöhe gelegene

---

[1]) Geogr. Journ. 1903. p. 459. — Geogr. Zeitschr. 1903. p. 702.

[2]) Mouvement Géographique 1903. p. 548. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903. Nr. 10.

[3]) Umlaufts Rundschau f. Geographie **27**. p. 33.

See ist in fortwährender Abnahme begriffen und dürfte in nicht allzu vielen Jahrzehnten völlig auftrocknen. Er zeigt während des Jahres Schwankungen seines Standes; bis zum 1. Juli steigt sein Wasser unregelmäßig um etwa 30 *cm*, dann sinkt es, und zwar um einen größern Betrag. Dies hat sich seit 35 Jahren stets gezeigt, freilich mit Schwankungen. Von Ende 1886 bis Ende 1902 betrug die Abnahme des Wasserstandes 3.51 *m*. Als Ursachen der Wasserabnahme nimmt man an: Verdunstung, Entnahme des Wassers für den Ackerbau und das Vorhandensein eines unterirdischen Abflusses. Hinsichtlich der zuletzt angeführten Ursache ist man allerdings auf bloße Vermutungen angewiesen; man hält es für wahrscheinlich, weil nicht weit vom großen Salzsee andere Seen mit unterirdischen Abflüssen liegen, ferner, weil in Nevada mehrere Flüsse (wie in unserm Karst) plötzlich verschwinden. Vor mehrern Jahren sank im Salzsee ein mit 200 Schafen beladenes Segelschiff, und keines der Schafe ist jemals wieder an die Oberfläche gekommen. Seitdem glauben viele an die Existenz eines verborgenen Ausflusses. Die Theorie einer rapiden Verdunstung steht teilweise im Widerspruche mit jener des unterirdischen Abflusses; denn wenn der See irgend einen Abfluß hat, kann das Wasser nicht so viel Salz enthalten, als es tatsächlich aufweist, wogegen im Falle daß die Verdunstung allein Ursache ist, alle festen Bestandteile des Wassers im Seebecken verbleiben. Es ist natürlich, daß auf jeder großen Wasserfläche Verdunstung stattfindet, die, wenn das Klima so trocken wie in der Gegend des großen Salzsees ist, riesige Dimensionen annehmen wird. Aber das ist auch bei andern großen Gewässern der Fall, ohne zu einer Austrocknung zu führen. Die Annahme, Entnahme des Wassers für landwirtschaftliche Zwecke sei Ursache der Reduzierung des Wasserstandes, hat viel Wahrscheinlichkeit für sich. Als Brigham Young und seine Gefährten im Jahre 1847 im Lande, das heute den Namen Utah führt, erschienen, fanden sie den Boden kulturfähig vor, doch es fehlte überall an Wasser. Farmen wurden errichtet und Bewässerungskanäle, die der große Salzsee speiste, gebaut. Bis zum Jahre 1880 wurde diese Bewässerung in keinem allzu großen Maßstabe getrieben, und der Wasserstand des Sees wies in dieser Zeit nur die gewöhnlichen Schwankungen auf; jedoch nach dem Jahre 1880 wurde zur Berieselung der umliegenden Farmen so viel Wasser entnommen, daß selbst in dem regenreichen Jahre 1886 das Niveau um 3½ Fuß gesunken ist. Im Jahre 1889 wurden auf diese Weise 609 Quadratmeilen Ackerboden bewässert, und man plant jetzt eine neue, viel größere Bewässerungsanlage, nach deren Ausführung das Wasser im See um mehr als 1 Fuß jährlich fallen wird. Außerdem wird schon heute die Bewässerung des ganzen Utahtales von den Zuflüssen des großen Salzsees besorgt. Die größern dieser Flüsse sind der Jordan, der Weber- und der Bärfluß. Der Jordan durchfließt den Utahsee. Außer diesen Wasserläufen werden noch die kleinern Flüsse und Bäche

zur Berieselung herangezogen, in der Weise, daß ihr ganzes Wasser auf die Felder geleitet wird. Es liegt somit die eigentliche Ursache des Austrocknens des Salzsees in der Abschneidung fast aller Zuflüsse, so daß auch große Regenmengen nicht imstande sind, den Abgang zu decken.

Ein heißer See auf Dominica. In einer äußerst öden und schwer zugänglichen Gegend von Dominica befindet sich ein kochender See, der infolge seiner Lage erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit bekannt ist, obschon die Insel nur 750 *qkm* groß ist und schon im 17. Jahrhunderte von den Spaniern kolonisiert wurde. Später nahmen sie die Franzosen sehr energisch in Kultur und von der Mitte des 18. Jahrhunderts an mit ihnen gemeinschaftlich die Holländer. Es mußten also ganz erhebliche Hindernisse bestehen, die es ermöglichten, daß bis vor etwa 30 Jahren noch niemand eine Ahnung von der Existenz dieses merkwürdigen Sees hatte. Im Jahre 1875 wurde eine Expedition zur Erforschung des Innern dieser Insel ausgerüstet und unter Leitung von Dr. Nicholls gestellt. Derselbe berichtet über den von ihm entdeckten See folgendes: „Wir überklommen die mit Schwefel überzogenen Blöcke und kamen zum Gipfel, von wo aus wir ein seltsames Schauspiel hatten. Es hatte den Anschein, als ob wir uns am Rande eines furchtbaren Schlundes befänden, aus dem sich Massen brennenden Rauches und erstickende Dämpfe erhoben. Donnerähnliches Rollen, sowie ein seltsames Stöhnen traf unsere Ohren, und wir atmeten tödliche Gase ein. Die Naturerscheinung war so eigenartig ergreifend und schön, daß mehrere Minuten vergingen, ehe wir uns vom Staunen erholen konnten. Das merkwürdigste war eine Art von Wassermauer, die sich in der Mitte des Kessels zu erheben schien; sie hatte mehrere Fuß Höhe und bewegte sich in einem Kreise von beschränkter Ausdehnung herum. Die Ufer des Sees waren in zahlreiche Stücke zerschnitten, und hier und da zogen sich Landzungen in ihn hinein. Der Abhang war mit einem prächtigen, goldgelben Streifen geziert, der von den Niederschlägen von Schwefel und Wasser herrühren mußte. Die Bewegung des Wassers stieß kleine Wellen auf den Sand, und man konnte aus der Streifung des gelben Bandes schließen, daß der See zu gewissen Zeiten einen höhern Wasserstand gehabt hatte. Wir konnten die Wassermauer in der Mitte nur einige Sekunden wahrnehmen, denn kaum hatte sich der Rauch vom Ufer verzogen, als er durch eine andere Wolke ersetzt wurde. In einer kurzen Entfernung von unserm Standorte fiel ein kleiner Bach in den See, der eine tiefe Furche in die Felsen gewaschen hatte, von denen der See von allen Seiten umgeben war." Nach neuern Untersuchungen befindet sich der See fast 2500 *m* über dem Meeresspiegel und ist von elliptischer Form. Wenn er seinen höchsten Wasserstand aufweist, mißt seine Länge 60 und seine Breite 30 *m*; in einer Entfernung von 10 *m* vom

Ufer wurden an einer Stelle schon 60 *m* gelotet. Wenn das Wasser tief steht, dann bilden die sich in ihn ergießenden Bäche prächtige Katarakte. Das Wasser ist durchaus nicht immer in Bewegung, bisweilen liegt der Seespiegel gänzlich ruhig da; dann ist er wieder aufgeregt, kochend und scheint sich unter lauten Detonationen um eine Achse zu drehen; dabei hebt und senkt sich der Spiegel und bedeckt die umliegenden Felsen mit Schaum. Der kochende See ist der Mittelpunkt eines Vulkanzentrums und auf der Insel einer der letzten Zeugen einer sonst erloschenen vulkanischen Tätigkeit. [1])

Das Laibacher Moor. Der „Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung" ist folgende das Laibacher Moor betreffende neueste Statistik entnommen. Dasselbe liegt in den Katastralgemeinden Stadt Laibach, Bresowitz, Brunndorf, Franzdorf, Iggdorf, Iglack, Lanische, Log, St. Martin, Oberlaibach, Piautzbüchel, Presser, Rudnik, Seedorf, Stein, Strachomer, Tomischel, Verblene und Werd, im Laibachflußgebiete und hat den Charakter teils Nieder-, teils Hochmoores; die Tiefe beträgt in der Mitte 500, am Rande 50 *cm*. Die Gesamtfläche beträgt 15 700 *ha*, wovon 1500 *ha* abgebaut und 800 *ha* kultiviert sind. Als technische Verwertung werden erzeugt: Brenntorf als Stichtorf 130 000, als Streutorf 20 000 und als Torfmull 15 000 Meterzentner. In landwirtschaftlicher Benutzung befinden sich: 300 *ha* durch natürlichen Futterbau, 800 *ha* durch Ackerkultur und 2100 *ha* durch Weidennutzung. Außer Kultur befinden sich 9800 *ha*. Die Hauptabsatzgebiete der gewonnenen Torfprodukte sind Laibach, Wien und Budapest.

Gletscher und Glazialphysik.

Eis- und Gletscherstudien von H. Crammer. Verf. teilt zunächst zahlreiche Beobachtungen über Bildung, Kristallform, Schichtung usw. des Wassereises (See- und Rieseleises) mit und geht dann zu dem Gletschereise über. Die erste Anlage eines jeden Kristalls (Kornes) ist durch ein Schneesternchen oder eine Schneenadel gegeben. Das Wachsen der Kristalle geschieht vor allem durch Überkristallisieren bei Wärme oder Wasserzufuhr, indem die größern Kristalle aus der Nachbarschaft Moleküle an sich reißen und angliedern. In den Firnfeldern bildet sich, je nachdem die einzelnen Schneelagen mehr oder weniger vollständig in Eis verwandelt sind, eine Schichtfolge von weißlichem luftblasenreichern und blauem luftblasenärmern Eise.

---

[1]) Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. **18**. Beilageband Heft 1. Ref. von Dr. Ampferer in Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. p. 99, woraus oben der Text.

Von einer solchen Schicht zur andern findet nun nach den Angaben des Verfassers kein Überkristallisieren statt, weil dasselbe durch Staublagen verhindert wird.

Während im Firngebiete solche Schichtung herrscht, begegnen wir in den tiefern Teilen der Gletscher der sogenannten Blaublätterstruktur, richtiger Blätterstruktur, weil die ganze Eismasse aus blauen und weißlichen Blättern (sehr flachen Linsen) zusammengefügt erscheint.

Auch hier findet kein Überkristallisieren über die Blätterfugen statt. Die Blätter selbst aber stehen in der Bewegungsrichtung des Eises und senkrecht zu der des Druckes, während die Firnschichten im Firnbecken annähernd entsprechend dem Untergrunde angeordnet liegen.

Crammer hat den Zusammenhang der beiden Erscheinungen verfolgt und kommt zu dem Schlusse, daß die Blätterstruktur durch vielfältiges Zusammenfalten, Gleiten und Auswalzen aus den Firnschichten hervorgegangen sei.

Aus den verschiedenen Geschwindigkeiten der einzelnen Lagen des Gletschers folgt, daß er sich nicht durch Rutschen der ganzen Masse am Untergrunde, sondern durch gegenseitige Verschiebung seiner Teilchen bewegt.

Das kann nun nach Ansicht des Verfassers nur dadurch geschehen, daß die Staublagen das Gefüge der Firneismassen lockern und so eine Verschiebung in der Weise ermöglichen, daß die einzelnen Firnlagen als Ganzes im Zuge der Schwere nach abwärts übereinander hingleiten. Auch im geblätterten Eise geht die Gesamtbewegung durch Verschiebungen längs der Blätterflächen vor sich. So bilden die durch Schichtung oder Blätterung gesonderten Firn- und Eislagen gewissermaßen die tektonischen Elemente für den Aufbau und die Bewegung der Gletscher.

Die Abschmelzung der Gletscher im Winter besprach R. v. Lendenfeld.[1]) Er kommt dabei zu folgenden Schlüssen:

1. Die winterliche Gletscherschmelzung wird hauptsächlich durch innere, zum geringen Teile auch durch basale und nahe der Oberfläche stattfindende Abschmelzung zustande gebracht.

2. Die winterliche Abschmelzung beruht hauptsächlich auf der Umsetzung der beim Aufhalten der Fallbewegung des Gletschers frei werdenden Wärme. Die durch diesen Faktor bewirkte Abschmelzung möchte Verfasser auf 90 bis 97% der Gesamtabschmelzung des Gletschers im Winter schätzen. Die Dicke der hierdurch jährlich geschmolzenen Eisschicht ist von der Mächtigkeit des Gletschers abhängig. Diese Abschmelzung ist eine innere.

---

[1]) Globus 1904. **85**. p. 377.

3. Die Wirkung der Erdwärme hat an der winterlichen Abschmelzung des Gletschers nur einen geringen Anteil. Verfasser möchte denselben auf 3 bis 6% der Gesamtabschmelzung des Gletschers im Winter schätzen. Die Dicke der hierdurch jährlich geschmolzenen Eisschicht ist konstant (2.5 *mm*). Diese Abschmelzung ist eine basale.

4. Die Langsamkeit der Fortleitung einerseits der Sonnenwärme durch Moränendecken von entsprechender Dicke und anderseits der sommerlichen oberflächlichen Nulltemperatur durch das Eis selbst nach der Tiefe werden ein Abschmelzen des Gletschers im Winter herbeiführen. Die durch diese Faktoren bewirkte Abschmelzung dürfte wohl meistens eine ganz unbedeutende, höchstens auf 1% der Gesamtabschmelzung im Winter anzusetzende sein. Ihre Größe ist von der Moränenbedeckung und der Dauer der Sommerwärme abhängig. Diese Abschmelzung findet nahe der Oberfläche statt.

5. Es ist möglich, daß die winterliche Schneedecke durch den Druck, den sie auf die unter der Schneegrenze befindlichen Teile des Gletschers im Winter ausübt, eine innere Abschmelzung in diesen Gletscherteilen zur Winterszeit herbeiführt. Über die Menge des hierdurch etwa geschmolzenen Eises läßt sich kaum eine Vermutung aussprechen.

Die Eiszeit in den Alpen nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Forschung stellte Prof. Brückner in der Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe der 76. Verammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau (1904) dar. Er betonte, daß die zu Beginn des 19. Jahrhunderts entstehende Lehre von der Eiszeit allseitiges Interesse erregte, so daß man sich überall mit ihr beschäftigte. Es entstand eine schweizerische, französische, deutsch-österreichische Schule, die jedoch in einer Reihe von Kardinalpunkten zu verschiedenen Ergebnissen kam. Daher erschien es nötig, eine allgemeine Untersuchung anzustellen. Die nächste Veranlassung dazu gab eine Preisaufgabe der Alpenvereinssektion Breslau, an deren Lösung sich auch der Vortragende beteiligte. Der erlangte Preis ermöglichte es, die Untersuchungen, die zuerst auf die Ostalpen beschränkt waren, auf das gesamte Alpengebiet auszudehnen.

Man unterscheidet beim Fernblicke auf die Alpen ganz deutlich drei Zonen, die dunkle Waldregion, die hellere Region der Weidegründe und die Schneeregion. Die Schneegrenze kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden; die geographische Methode stammt von unserm Breslauer Geographen Geheimrat Partsch. Redner zeigte an Tabellen, daß die Schneegrenze nach dem Innern der Alpen ansteigt. Er wies nun nach, daß dieselbe Tatsache auch in der Eiszeit zu beobachten ist, und daß die eiszeitliche Schneegrenze gegen die heutige einen ganz konstanten Abstand, im Mittel 1250 *m*, zeigt. Auch die Waldgrenze weist eine Verschiebung nach abwärts

auf, wie aus den Pflanzenfunden deutlich zu konstatieren ist. Penck hat zuerst in den Ostalpen vier verschiedene Vergletscherungsperioden beobachtet, das gleiche Resultat hat Redner für die Schweiz gefunden, die Reste der beiden ältesten sind jedoch, wie leicht erklärlich, schwer zu erkennen. Bei der vorletzten Eiszeit lag die Schneegrenze noch um 100 bis 150 *m* tiefer als bei der letzten. Die vorletzte Vergletscherung war in den Westalpen größer. Unter allen Gletschern ist die Reaktion auf Einflüsse zur Erhöhung der Schneegrenzen am besten am Rhonegletscher zu studieren, der durch den Jura gestaut ist.

Die Vereisungen wurden unterbrochen durch Interglazialzeiten, aus denen Ablagerungen stammen, unter und über denen man Moränen findet, wie an den Salzburger Seen und einer ganzen Reihe anderer. Auch fand eine gewaltige Verschüttung der Täler statt, wie sie besonders das Tal bei Innsbruck auskleiden. Später nahm von diesem Terrain die Steppe Besitz, in deren Löß sich Reste von Tieren finden, die auf ein kälteres Klima schließen lassen. In den interglazialen Ablagerungen aber finden sich auch Kohlen, die von einer ausgesprochenen Waldvegetation stammen und auf ein warmes, feuchtes Klima deuten. Penck hat nun nachgewiesen, daß diese Kohlenablagerung älter ist als die Ablagerung der Tierreste, so daß auf die erste Vergletscherungszeit eine wärmere Periode folgte, die wieder von einer kühlern abgelöst wurde, und auf die schließlich wieder eine Eiszeit kam. Verschiedene Forscher leugnen, gestützt auf gewisse in Amerika beobachtete Erscheinungen, die Existenz der Interglazialzeit; Brückner wies deren Gründe im einzelnen zurück.

Die Interglazialzeit war also wärmer als unsere gegenwärtige Zeit und war auch keineswegs eine kurze Periode. Penck hat Beobachtungen gemacht, die ihre Dauer zu schätzen gestatten. In der Interglazialzeit wurde das Gebirge um 30 *m* abgetragen. Da man im Reußtale nachweisen kann, daß zur Abtragung von 1 *m* ein Zeitraum von weit mehr als 1000 Jahren nötig war, so ergibt sich daraus, welche Dauer man der Interglazialzeit zuzuschreiben hat. Die Übergänge von der Glazialzeit zur postglazialen Periode haben sich nicht glatt vollzogen, sondern es hat eine Reihe von Oszillationen stattgefunden. Man findet in den Alpen drei verschiedene Moränenzüge hintereinander, sogar bis zu einer Entfernung von 100 *km*. Der Rückzug der Gletscher muß also in drei Etappen oder Stadien vor sich gegangen sein. Jede dieser Rückzugsmoränen ist durch ihre Schneegrenze charakteristisch; die älteste hatte die Schneegrenze 900 *m* tiefer, als sie heute ist, die zweite 600 *m*, die dritte 300 *m*. Diese Erscheinung ist von ganz eminenter Bedeutung, da sie beweist, daß die Depression nicht eine lokale Erscheinung, sondern eine ganz allgemeine Phase ist. Die nähere Untersuchung hat ergeben, daß nicht etwa ein einfacher kontinuierlicher Rückzug der Vergletscherung stattgefunden hat, sondern daß die Gletscher sich weit zurückzogen

und darauf wieder einen Vorstoß machten, ja es ist sogar nicht ausgeschlossen, daß zeitweise die Gletscher ganz verschwunden waren. Während in den Eiszeiten die Depression der Schneegrenze 1250 bis 1450 *m* betrug, erhob sie sich in der Interglazialzeit auf 400 *m* über die Höhe der heutigen. Die Eiszeit charakterisiert sich also als eine Periode gewaltiger Klimaschwankungen.

Die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel bildete den Gegenstand einer zusammenfassenden Darlegung von Prof. J. Cvijic.[1]) Beobachtungen und Studien über die Spuren und Folgen der Eiszeit auf der Balkanhalbinsel beginnen erst mit den Jahren 1896, und in dieser Beziehung sind außer dem Verfasser die Namen von R. Hassert, A. Penck, W. Davis, F. Katzer, Toula und andere zu nennen. Verf. beschreibt neue Spuren der Eiszeit auf der Halbinsel und gibt dann eine allgemeine Charakteristik derselben. Er folgert, daß auf der Balkanhalbinsel dreierlei Gletscher bestanden haben: Kargletscher, Talgletscher und Plateaugletscher.

„Die Kargletscher waren am zahlreichsten vertreten und für die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel besonders charakteristisch; die Mehrzahl der untersuchten Gebirge besaß ausschließlich solche Gletscher. Dies waren zumeist Gletscher mit einer kurzen Gletscherzunge, die nur selten in die Täler herabkamen, dazu bloß in die obern Partien derselben; es gab aber auch Firngletscher darunter. Mit diesen kleinen Gletschern steht das zahlreiche Auftreten und die typische Entwicklung der Kare auf der Rila und dem Pirin im Zusammenhange.

Die Talgletscher waren viel seltener, insbesondere in der östlichen Partie der Halbinsel. Zuerst stellte ich sie auf der Rila fest, nämlich im Tale der Kriva Reka, unterhalb des Riblje und Smrdljivo Jezero, sodann im Tale der Leva Reka; als fast bestimmt kann es gelten, daß sich im Tale des Prav-Iskar und seiner rechten Zuflüsse lange Talgletscher befunden haben. In größerer Anzahl kamen die Talgletscher in den Gebirgen des dinarischen Systemes vor. Ich konnte als solche bezeichnen: den Gletscher der Tissovica auf dem Prenj, den Gletscher des Cabakares auf der Treskavica, einen unter den Gletschern des Volujak, sowie jenen auf dem Bioc, der aus den Urdeni Dolovi weiter floß; solche Gletscher befanden sich auch auf dem Durmitor, dem Orjen, und hierher muß auch der beschriebene Gletscher auf dem Lovcen gezählt werden. Aus den dargelegten Beobachtungen sieht man, daß auch von andern Forschern solche Gletscher angetroffen wurden. Ihre Gletscherzungen können höchstens 6 bis 10 *km* Länge gehabt haben.

Es ist für die Frage über die Intensität der Vergletscherung von Bedeutung, daß jetzt bestimmt behauptet werden kann, daß es auch vergletscherte Hochflächen gegeben hat. Sie sind nur in der westlichen Hälfte der Halbinsel festgestellt worden, und es ist kein Zweifel, daß sie mit der Plastik derselben in ursächlichem Zusammenhange stehen. Ein solches kleines Fjeld stellte die vergletscherte Fläche von 50 bis 60 *qkm* zwischen Bioc, Malgic und Volujak dar, deren Mittelpunkt das heutige Trnovicko oder Volujacko Jezero war. Auch die Jezera unter dem Durmitor scheinen unter einer großen, jedoch dünnern Eisdecke gewesen zu sein. Die Gletscherzungen von Durmitor stiegen auf diese Hochfläche herab und vereinigten sich. Penck hat bewiesen, daß sich auf dem Orjen eine 80 *qkm* große vergletscherte Fläche befunden hat. Das-

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien **47**. p. 149.

selbe läßt sich nach Grunds Beobachtungen von der Hochfläche der Cvrsnica behaupten, von welcher zahlreiche Gletscherzungen herabkamen. Hassert hat mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß in dem ausgedehnten Gebiete der Komovi auch ganze Hochflächen vergletschert waren. Durch spätere genauere Untersuchungen werden im dinarischen Systeme, besonders auf den Prokletije, noch mehr solche vergletschert gewesene Hochflächen aufgefunden werden.

Aber selbst von diesen ließen sich die Gletscher hauptsächlich gegen Norden und Nordosten herab, seltener in andern Richtungen. Dies gilt noch mehr von den übrigen Gebirgen, worauf bloß Tal- und Kargletscher bestanden haben. Demnach läßt es sich feststellen, daß die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel einseitig, insbesondere auf ihre nördlichen und nordöstlichen Gehänge beschränkt war."

Verf. gelangt ferner zu dem Ergebnisse, „daß die Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Balkanhalbinsel zunahm, emporstieg in der Richtung von Westen nach Osten, von der adriatischen Küste gegen das Innere der Halbinsel und zu seiner östlichen Hälfte hin. Aber auch in dem dinarischen Systeme selbst nimmt die Höhe der glazialen Schneegrenze im allgemeinen in der Richtung von Westen nach Osten zu, wie es auch von Grund angedeutet wurde. Sie liegt am tiefsten in den dinarischen Küstengebirgen und ist hier nahezu gleich, obwohl diese Gebirge unter verschiedener geographischer Breite liegen. Wenn man sodann die Höhe der glazialen Schneegrenze in den Gebirgen des dinarischen Systemes betrachtet, so erhält man folgendes Ergebnis: Ihre Höhe wird in weit größerm Maße von der Küstenlage der Gebirge beeinflußt als von den relativ kleinen Unterschieden in der geographischen Breite derselben.

Die geringe Höhe der glazialen Schneegrenze im Westen der Halbinsel läßt sich nicht durch Senkung der adriatischen Küste seit dem Diluvium bis zur Gegenwart erklären, da diese sowohl während des Diluviums, als auch später unbedeutend war. Alle oben festgestellten Ergebnisse über die Höhe der glazialen Schneegrenze und ihren Lauf erweisen dagegen, daß es im Diluvium bestimmte klimatische Unterschiede zwischen der westlichen Hälfte der Halbinsel und den übrigen Partien gegeben haben müsse, und nur auf solche Unterschiede läßt sich die verschiedene Höhe der glazialen Schneegrenze zurückführen. In der westlichen Partie der Balkanhalbinsel fiel im Diluvium eine größere Menge atmosphärischen Niederschlages herab als im Innern und im Osten; sodann verminderte sich im dinarischen System selbst die Menge des sphärischen Niederschlages von der Küste gegen sein Inneres hin. Was die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge betrifft, herrschten also Zustände, die den heutigen ähnlich waren, nur die Menge der Niederschläge war im allgemeinen größer.

In der Eiszeit nahm also auf der Balkanhalbinsel die Menge der atmosphärischen Niederschläge von Westen nach Osten ab. Sodann lassen sich auf Grund der Höhe der glazialen Schneegrenze gewisse Parallelen zwischen dem heutigen Klima eines Teiles von Skandinavien und zwischen dem Klima der Balkanhalbinsel im Diluvium ableiten. Heute beträgt in Norwegen zwischen 60° 30′ und 61° 30′ die Höhe der Schneegrenze gegen 1400 *m*, beinahe ebensoviel bis sie in der Eiszeit auf dem Lovcen, Orjen, Gnjat, Veles und Troglav, also im allgemeinen auf den dinarischen Küstengebirgen zwischen 42° 30′ bis 44° nördl. Br. betragen hatte; wie auf der Balkanhalbinsel während der Eiszeit, so nimmt heute in Norwegen die Höhe der glazialen Schneegrenze, sowie jene klimatischen Elemente, deren Ergebnis sie ist, auf der Balkanhalbinsel zwischen 60° 30′ und 61° 31′ ähnlich waren; es ist aber klar, daß die Balkanvergletscherung nicht von jener Intensität war wie die heutige skandinavische."

Endlich findet Verf. auch, daß die bestimmten Spuren auf zwei Vergletscherungen deuten, mutmaßlich aber drei Vergletscherungen stattgefunden haben.

Über die Eiszeit in den Tropen sprach auf der Breslauer Naturforscherversammlung (1904) Dr. Hans Meyer. Noch 1885 glaubte man, in den Tropen sei nichts von der Eiszeit bemerkbar. In der Tat sind dort die Landstriche mit eiszeitlichen Resten von geringer Ausdehnung und schwer zugänglich; da die Untersuchungen der Gletscher weite Reisen, hohe körperliche Widerstandsfähigkeit und nicht geringe alpinistische Schulung erfordern, so ist es erklärlich, daß bisher nur wenig Beobachtungsmaterial vorliegt. Redner gab eine Übersicht desselben, kritisierte zugleich dessen Bedeutung und ging dann näher auf die von ihm in Ecuador gefundenen Resultate ein. Er fand alte Gletscherspuren 600 bis 800 *m* unter der heutigen Gletschergrenze in ganz typischer Erscheinung, am schönsten am nördlichen Chimborasso und einigen andern Punkten. Es zeigten sich drei Rückzugsphasen, genau so, wie er sie früher am Kilimandscharo nachgewiesen hatte. Für die Zeitbestimmung der Vergletscherung in Ecuador ist wichtig das Alter der Berge selbst, die frühestens auf den Ausgang des Tertiärs zurückgehen, deren Hauptentstehungszeit aber im Diluvium liegt. Da die Vulkane erst geraume Zeit zu ihrer Erkaltung bedurften, ehe sich eine Schneedecke auf ihnen bilden konnte, so ist die Glazialzeit dort in das jüngste Diluvium zu setzen. In analoger Weise wie in andern Gegenden fand er auch in Ecuador eine Fauna und Flora, Relikte einer eingewanderten Lebewelt, die auf große Klimaschwankungen hinweist. Die Eiszeit in den Tropen ist in zwei durch eine Interglazialzeit getrennten Perioden nachgewiesen, von denen die ältere in ihren Wirkungen stärker war als die jüngere. Von der Kulmination der letzten Eiszeit bis zur Gegenwart, in der wie in allen Gletschergebieten der Erde der Rückzug der Gletscher fortdauert, lassen sich drei Phasen verfolgen. Die Grenze der letzten Vergletscherung liegt im allgemeinen 800 bis 1000 *m* tiefer als jetzt, wo die Verhältnisse wie am östlichen Kilimandscharo ungünstig wirken, 600 bis 800 *m*, wo, wie auf dem kegelförmigen Cotopaxi die Bildung der Gletscherzungen minimal ist, 500 bis 600 *m*. — Dieselben Grenzwerte ergeben sich aus der Untersuchung der alten Kare; es läßt sich also eine diluviale Firngrenze von 4200 *m* ableiten. Außerhalb der Tropenzone nimmt die Depression zu. Es findet von den Polen äquatorialwärts eine stetige Abnahme des Depressionswertes statt, aber sie bleibt sowohl für die Eiszeit, wie für die Jetztzeit ziemlich gleich. Das Klima muß demnach sehr gleichmäßig gewesen sein. Als Resultat seiner Studien legte Meyer dar, daß die symmetrische Anordnung der Firngrenze auf dem ganzen Erdballe für die Gleichzeitigkeit aller eiszeitlichen Phänomene zeuge, und daß die Verhältnisse der Eiszeit nichts anderes als eine Steigerung unserer heutigen Gletscherverhältnisse seien, die einer mittlern Temperaturerniedrigung von 3 bis 4° gleichzusetzen sei. Es lasse sich auch nicht abwechselnd eine Eiszeit auf der nördlichen und südlichen Halbkugel annehmen, wie überhaupt nirgends lokale Ursachen, sondern allgemein-

gültige, wahrscheinlich mit kosmischen Vorgängen wie Wärmeschwankungen der Sonne zusammenhängende, anzunehmen wären. Indessen seien die Forschungen noch nicht abgeschlossen, es gelte vor allem, den Kreis der empirischen Erfahrungen zu vermehren.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Im Verlaufe seiner Untersuchungen über die Bestandteile der atmosphärischen Luft hat H. Henriet die Anwesenheit eines energisch reduzierenden Gases feststellen können, das die Fehlingsche Flüssigkeit zu reduzieren und Jodstärke zu entfärben vermag.

Um es zu isolieren, wurde das neutral reagierende Wasser eines Nebels filtriert und eingedichtet, wobei es sauer wurde und einen Niederschlag von Kalziumsulfat gab, den man abfiltrierte. Die erhaltene orangegelbe Flüssigkeit wurde der Destillation unterworfen und gab neben Ameisensäure einen das Neßlersche Reagens reduzierenden Aldehyd, der durch die bekannten Reaktionen als Formaldehyd erkannt wurde. Seine Gegenwart erklärt die Tatsache, daß Meteorwasser beim Eindampfen sauer wird, denn Formaldehyd wirkt auf die Ammoniumsalze und macht unter Bildung verschiedener stickstoffhaltiger Basen einen Teil der Säure dieser Salze frei. Die sehr starken antiseptischen Wirkungen des Formaldehyds verleihen seinem Vorkommen in der Atmosphäre eine wichtige hygienische Bedeutung für die Reinheit der Luft. Über den Gehalt der Luft an Formaldehyd ergaben die ein ganzes Jahr hindurch zu Montsouris durchgeführten Messungen Werte, die zwischen $^1/_{100\,000}$ und $^5/_{100\,000}$ des Gewichtes der Luft schwankten und der äußern Temperatur proportional waren.

Die Radioaktivität der Atmosphäre untersuchte S. J. Allan,[1] nachdem er schon früher gemeinsam mit Rutherford gefunden hatte, daß die Größe der von der Luft induzierten Aktivität durch die Witterung so beeinflußt wird, daß ein Maximum bei hellem, kaltem, ein Minimum bei trübem, warmem Wetter beobachtet wird. Seine neuen Untersuchungen führten ihn zu folgenden Ergebnissen: „Die aus der Atmosphäre induzierte Aktivität verhält sich in vielen Beziehungen wie die Radioaktivität von Thorium und Radium. Sie enthält wie diese eine leicht absorbierte α-Strahlung und eine mehr durchdringende β-Strahlung. Die α-Strahlung ist wahrscheinlich verantwortlich für den größern Teil der ausgestrahlten Gesamtenergie, und sie wird in etwa 0.004 *cm* Aluminium und 10 *cm* Luft vollständig absorbiert. Die β-Strahlen werden auf die Hälfte verringert durch 0.007 *cm* Aluminium und vollständig absorbiert. Die

[1]) Philos. Mag. [6] **7**. p. 140. — Naturwiss. Rundschau **19**. p. 189.

β-Strahlen werden auf die Hälfte verringert durch 0.007 *cm* Aluminium und vollständig absorbiert durch 0.06 *cm*. Die β-Strahlen bestehen wahrscheinlich aus negativ geladenen Partikeln, ähnlich den Kathodenstrahlen, die mit großer Geschwindigkeit ausgeschleudert werden. Die durch sie erzeugte Ionisation ist zu klein, als daß man prüfen könnte, ob sie im Magnetfelde ablenkbar ist. Die Verschiedenheit in den Schnelligkeiten des Schwindens der unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen induzierten Aktivität scheint auf die Tatsache hinzuweisen, daß die Radioaktivität der Atmosphäre sehr zusammengesetzter Art ist.

Die Radioaktivität von Schnee und Regen muß hergeleitet werden von einer radioaktiven Substanz in der Luft, welche der Oberfläche der Schneeflocken oder Regentropfen adhäriert und bei ihrem Fallen niedergebracht wird. Vielleicht könnte man den Unterschied in der Abnahme der Radioaktivität von Schnee und Regen und der an einem Drahte induzierten Aktivität erklären durch die Annahme, daß die radioaktive Substanz in der Luft aus verschiedenen Arten mit verschiedenen Abnahmegeschwindigkeiten besteht. Schnee und Regen konnten ihre Aktivität der einen Art verdanken, während der negativ geladene Draht alle aktiven Träger zu seiner Oberfläche anzieht."

Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre ist auf Grund der theoretischen Untersuchungen v. Bezolds durch J. Schubert festgestellt worden.[1]) Für den festen Erdboden sind dabei in erster Linie die Temperaturbeobachtungen zu Eberswalde, für das Wasser diejenigen der dänischen Feuerschiffstationen in Ost- und Nordsee und für die Atmosphäre die Ergebnisse der Berliner Luftfahrten zugrunde gelegt. Als Hauptresultat ergibt sich ein außerordentliches Überwiegen des Wärmeaustausches im Meere. Für den jährlichen Wärmeumsatz erhält man folgende Werte in Grammkalorien pro Quadratzentimeter:

Sandboden (Eberswalde)	1850
Atmosphäre ohne Dampfwärme (Berlin)	2620
Atmosphäre mit Dampfwärme (Berlin)	3600
Ost- und Nordsee (Dänische Stationen)	44000

Der darauf beruhende große Einfluß des Meeres auf die Witterungsvorgänge in benachbarten Ländern läßt sich in mehrfacher Beziehung nachweisen. Auch der tägliche Wärmeaustausch ist im Wasser erheblich größer als im festen Lande, wie durch Beobachtungen in Finnland von Homén, in Eberswalde und an der Küste von Heringsdorf gezeigt wird. Der jährliche Gang des Wassergehaltes der einzelnen Schichten der Atmosphäre erfährt mit wachsender Höhe eine Verzögerung. Durch Hinzutritt der Dampfwärme werden

[1]) Bericht d. Dtsch. physik. Ges. zu Berlin **2**. p. 173.

die Phasen des jährlichen Wärmeganges am Boden verzögert, von 600 *m* an aufwärts und besonders in 2000 *m* Höhe aber beschleunigt. Nach den Wolkenbeobachtungen zu Potsdam fällt die Höhe von 2000 *m* in die Region der Kumulusbildung. Man kann die genannten Wolkenbeobachtungen auch benutzen, um die Geschwindigkeit der Luftströmung in verschiedenen Höhen zu ermitteln. In erster Annäherung ergibt sich für die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde in einer Höhe von H Kilometern bis etwa 10 *km* Höhe im Jahresdurchschnitte

$$v = 5.5 + 2.5 . \mathrm{H}.$$

Hieraus läßt sich ein ungefähres Maß für die der Luft innewohnende Bewegungsenergie finden. Bei vollständiger Umwandlung in Wärme würde die durchschnittliche Temperaturerhöhung der Atmosphäre etwa 0.3° betragen, was einer Wärmemenge von etwa 80 *kal./qcm* entspricht. — Für die Übertragung der Eigenschaften der Luft ist in erster Linie die Stärke der Luftströmung, d. h. die in der Zeiteinheit durch die senkrechte Querschnittseinheit hindurchströmende Luftmenge von Bedeutung. Diese scheint in der Höhe von 7 *km* ihr Maximum zu haben. Berechnet man dagegen die Menge Wasserdampf, die in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit strömt, so erreicht diese ihren größten Wert schon innerhalb des ersten Kilometers über dem Erdboden, was aus der starken Abnahme des Dampfgehaltes nach oben erklärlich ist. Die weitere Ausbildung dieser Methoden und ihre Anwendung namentlich auf die Ergebnisse der internationalen Luftfahrten scheint für die Physik der Atmosphäre von vielversprechender Bedeutung.

Lufttemperatur.

Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu den Höhengrenzen ist von A. de Quervain einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden.[1] Indem wegen der Einzelheiten dieser umfassenden Arbeit auf das Original verwiesen werden muß, folgen hier die vom Verf. gegebenen Resultate und Schlußfolgerungen.

„1. Es ist in den Schweizer Alpen eine Hebung der Isothermen nachweisbar, deren Maximum im Monte Rosagebiete und im Engadin liegt.

2. Diese Hebung der Isothermen ist nur um die Mittagsstunden stark ausgeprägt; am Morgen um 7 Uhr ist sie auch in den wärmsten Monaten von geringem Betrage und verkehrt sich in den übrigen Monaten in eine Einsenkung.

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik **6**. p. 481.

3. Die Hebung um Mittag beschränkt sich nicht nur auf den Sommer, sondern beginnt in ganz ausgesprochener Weise schon im Februar, um bis in den November zu dauern.

4. Das Ansteigen der isothermen Flächen um Mittag entspricht einem in der Niveaufläche von 1500 *m* bestimmten Temperaturgefälle, das im Februar 3.5° beträgt, im März auf 4.5° steigt und sich vom April bis zum Oktober auf 5° erhält, mit einem Maximum von 5.5° im Juli. Auch im November beträgt die Differenz noch 4.0°.

5. Die Hebung der Isothermen um Mittag von dem nördlichen Alpengebiete gegen die Zentren der Massenerhebung erreicht, unter Voraussetzung des mittlern mittäglichen vertikalen Temperaturgradienten der Monate März bis November, im Maximum den Betrag von rund 800 *m* und hält sich vom Mai bis Oktober auf 700 *m*.

6. Nach Süden ist ein Abfallen der isothermen Flächen zu konstatieren, das einen geringern Betrag hat als auf der Nordseite, aber immerhin im Mai ein Maximum von 700 *m* erreicht, sonst aber etwa 500 ausmacht.

7. Die thermische Begünstigung der zentralen Gebiete stützt sich nicht nur auf begünstigte Einstrahlung, sondern ebenso sehr auf eine durch die Natur der Massenerhebung bedingte prinzipielle Hinderung dynamischer Abkühlungen und Begünstigung dynamischer Erwärmungen.

Was bisher über den täglichen Wärmegang in Tälern, an Berghängen und auf Gipfeln bekannt war, und andere klimatologische Fakta mußten qualitativ ähnliche Resultate erwarten lassen. Als neu kann man jedoch die Bestimmung der Größe dieses Einflusses bezeichnen. Was wir hier für die Schweizer Alpen mit ihrer Massenerhebung von ca. 2000 *m* abgeleitet haben, wird nach Maßgabe der betreffenden Massenerhebung auch für andere Gebiete qualitativ und quantitativ zutreffen, soweit sich mit der geographischen Breite nicht die Voraussetzungen ändern.

Ferner findet Verf., daß der Verlauf der Waldgrenze in unmittelbarer Beziehung zur Temperaturverteilung steht. Es ergibt sich die interessante Tatsache, daß an der Waldgrenze die Mittagstemperaturen im ganzen Gebiete dieselben sind, und zwar leiten sich aus des Verfassers Aufstellungen folgende annähernde Werte ab:

Monat:	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Mittagstemperatur an der Waldgrenze	—2°	—0,5°	3,5°	6,5°	10,5°	13,2°	13°	10,5°	6°	2.5°

Die Schneegrenze betreffend sind die Schlüsse weniger sicher. Sie verläuft 1000 bis 1600 *m* über dem Niveau, dessen Temperaturverteilung untersucht wurde.

Jedenfalls hält Verf. die Mittagstemperaturen bezüglich der Schneegrenze für ausschlaggebend; sie charakterisieren die Verhältnisse an der Schneegrenze daher wohl besser, als solches durch die mittlern Tagestemperaturen geschehen wird.

Die Temperaturumkehr in der Höhe ist von R. Aßmann an der Hand der simultanen Drachenaufstiege in Berlin und Hamburg für den Zeitraum vom 6. Mai 1903 bis 5. Mai 1904 untersucht worden.[1]) Es wurden dabei außer den Temperaturinversionen auch die genetisch zusammengehörigen Isothermen berücksichtigt, da dieselben in Fällen, in denen die Aufstiege nicht in die Höhe der vollen Inversion hinaufreichten, als eine Überleitung zu derselben deren Anwesenheit verraten.

Folgende Tabelle gibt sämtliche in Berlin und Hamburg angetroffenen Erscheinungen dieser Art.

Zahl der Tage mit Inversionen und Isothermen.

1903.	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
	9	11	8	9	16	14	19	26

1904.	Januar	Februar	März	April	Jahr
	23	20	24	16	195

„Die beträchtlich größere Häufigkeit derselben in den Wintermonaten einschließlich des März ist deutlich ausgesprochen; der Prozentsatz aller Inversionen steigt hier auf 59.8%. Überlegt man dazu, daß sicherlich ein nicht geringer Teil der Aufstiege, besonders der Hamburger, die Inversionsschichten nicht erreicht hat, so wird man nicht fehlgehen, wenn man die Häufigkeit des Vorhandenseins von Temperaturumkehrungen auf 70% bewertet.

Die Jahressumme von 195 Inversionen bezieht sich auf beide Stationen, d. h. sie gibt an, daß an 195 Tagen im Jahre entweder in Berlin oder in Hamburg oder an beiden Stationen Temperaturumkehrungen vorgefunden worden sind.

Eine Auszählung ergibt, daß von den 115 Tagen gleichzeitiger Aufstiege, an welchen eine Inversion an einer der beiden Stationen festgestellt wurde, 25 auszusondern sind, weil die erreichten Höhen zu ungleich waren; von den verbleibenden 90 Tagen wurden in Hamburg 12, in Berlin 8, zusammen also 20 Tage ohne Temperaturumkehrung gefunden. Mit andern Worten heißt das: die Temperaturinversionen wurden in 77.8% aller möglichen Fälle an beiden Stationen angetroffen und dürften somit als ein über weitere Gebiete verbreitetes Phänomen anzusehen sein."

Die mittlere Höhenlage der Umkehrschichten, entnommen aus deren vorgefundenen obern und untern Grenzen, sowie ihre aus denselben Angaben gewonnene Mächtigkeit gibt Aßmann durch folgende Tabellen wieder:

Mittlere Seehöhe der Umkehrschichten in Metern.

1903	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
in Hamburg	(1700)	830	(1400)	—	1010	694	746	437
in Berlin	(1650)	941	(1700)	—	820	550	832	900
Zahl der Fälle	1	4	1	—	5	6	6	15 (12)

[1]) Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre **1**. p. 35.

Mittlere Seehöhe der Umkehrschichten in Metern.

1904	Januar	Februar	März	April	Jahr
in Hamburg	660	859	870	1133	**932**
in Berlin	533	624	688	854	**775**
Zahl der Fälle	10	10 (9)	13	11 (8)	

Mittlere Mächtigkeit der Inversionsschichten in Metern.

1903	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
in Hamburg	(400)	327	—	—	324	488	258	214
in Berlin	(300)	390	—	—	200	425	450	465
Zahl der Fälle	1	4	—	—	5(3)	4	6(2)	12(10)

1904	Januar	Februar	März	April	Jahr
in Hamburg	360	229	288	178	**300**
in Berlin	258	310	390	582	**363**
Zahl der Fälle	4(8)	10(4)	13(8)	9(4)	

„Aus der Zusammenstellung scheint, soweit man das immerhin noch lückenhafte und unzureichende Material eines Jahres für eine erste Annäherung herbeiziehen darf, hervorzugehen, daß die Inversionsschichten in Hamburg durchschnittlich eine etwas höhere Lage aber eine etwas geringere Mächtigkeit besitzen als in Berlin, und daß sich eine jährliche Periode der Höhenlagen erkennen läßt, welche besonders in Hamburg in einer deutlichen Senkung der Schichten in der kalten Jahreszeit besteht, während diese Erscheinung in Berlin undeutlicher ausgesprochen ist. Faßt man die Höhenlagen nach Gruppen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild der Häufigkeit von Inversionen (in Prozenten):

	Erdboden bis 200 m.	200—500.	500—1000.	1000—1500.	1500—2000.	2000—2500 m.
in Hamburg	6.9	39.5	13.3	13.9	4.7	3.5
in Berlin	4.5	37.6	28.4	21.6	4.5	3.4

Diese Zusammenstellung läßt eine deutliche Übereinstimmung zwischen den beiden Stationen erkennen und dürfte auch als Beweis für die Tatsächlichkeit der Temperaturumkehrungen und deren allgemeinern Charakter gelten. Es sei noch bemerkt, daß diejenigen Fälle, in welchen mehrere übereinander liegende Umkehrschichten angetroffen worden sind — in Hamburg und Berlin je zehn Fälle — einzeln gezählt worden sind. Die größere Zahl von Inversionen zwischen 1000 bis 1500 *m* Höhe, welche in der Tabelle bei Berlin verzeichnet ist, dürfte wohl aus der größern Höhe der Berliner Aufstiege zu erklären sein.

Um der Frage nach einer Erklärung über die Entstehungsursache und das Wesen dieser Temperaturumkehrungen näher zu kommen, wurden die bei den „Inversionsaufstiegen“ herrschenden Windrichtungen ermittelt.

Für beide Stationen zeigt sich übereinstimmend ein außerordentliches Überwiegen des zwischen Nordost und Südost liegenden Quadranten, während besonders der westliche Quadrant beträcht-

lich zurücktritt. Mit andern Worten: Das Auftreten von Temperaturumkehrungen erfolgt am häufigsten bei einer Druckverteilung, welche den höchsten Barometerstand im Norden und Osten, den tiefsten im Süden und Westen hat.

Die großen Inversionen sind in den meisten Fällen an beiden Stationen gleichzeitig oder doch nur kurz nacheinander beobachtet worden, und im allgemeinen ergibt sich, daß auch die Intensitäten der Temperaturumkehrungen an beiden Stationen durchaus parallel gehen. Die Entstehungsursache der Temperaturumkehrungen ist noch unbekannt. Aßmann hatte früher die Möglichkeit erörtert, daß die in der hohen Inversionstemperatur zutage tretende Wärme ihre Quelle in Kondensationsvorgängen haben könnte, welche in größerer Entfernung stattfinden. Die Tatsache, daß die häufigsten und stärksten Umkehrungen dann vorkommen, wenn tiefer Druck im Westen und Süden herrscht, weise ziemlich deutlich auf einen Zusammenhang zwischen den beiden Vorgängen hin, da die genannte Druckverteilung ganz besonders zu Kondensationen in größerm Maßstabe zu führen pflegt, entsprechend dem Vorhandensein von Meeren, die, besonders im Winter, der Hauptzeit der Inversionen, hochtemperiert sind. Bekanntlich ist auch in den West-, Südwest- und Südküsten Europas der Winter die Zeit der ergiebigsten und weitest vertreiteten Niederschläge.

Eine statistische Zusammenstellung der Tage mit Niederschlag und Inversionen für den obigen Zeitraum ergab zunächst, daß 155 stärkere Niederschläge in 85 Fällen von Inversionserscheinungen am nächstfolgenden Tage gefolgt waren, entsprechend 55.0 vom Hundert, ferner, daß von 184 überhaupt, d. h. entweder in Berlin oder in Hamburg beobachteten Temperaturumkehrungen 108, d. h. 57%, nicht mit Regenfällen zusammengefallen sind. „Hieraus könnte man den Schluß ziehen, daß ein Zusammenhang der beiden Erscheinungen eher unwahrscheinlich als wahrscheinlich sei. Die Verhältniswerte ändern sich jedoch nicht unbeträchtlich, wenn man einerseits die in Beziehung gebrachten Küstenländer enger umgrenzt, anderseits die Jahreszeiten gesondert betrachtet: die Nordwest- und Westküsten geben seinen geringern Prozentsatz, 50.0%, dagegen steigt derselbe bei den Südwestküsten auf 63.3, bei den Südküsten auf 61.2%. Faßt man nun noch die wärmere, sowie die kältere Jahreszeit gesondert ins Auge, so sieht man, daß die letztere besonders für die Südwestküsten und Südküsten Beziehungen zwischen den beiden Phänomenen aufweist, welche wohl einen ursächlichen Zusammenhang vermuten lassen, indem die Werte 79.3 und 69.3 vom Hundert doch schon ganz beträchtlich über dem Zufallsverhältnisse liegen. Außerdem ist anzunehmen, daß eine weitere Ausdehnung der Aufstiege nach der Höhe zu noch viele Inversionen in höhern Schichten aufdecken wird, welche bisher nicht erreicht werden konnten, und daß sich demnach mit weiterer Vervollkommnung der

aeronautischen Technik das prozentische Verhältnis nicht unerheblich zugunsten eines Zusammenfallens der beiden Erscheinungen verbessern würde, zumal die Zahl der Niederschlagstage hierdurch keine Vermehrung erfahren kann, sondern nur die der Inversionstage."

Die Temperaturabnahme mit der Höhe in der Gegend von Paris auf Grund fünfjähriger Beobachtungen hat Teisserenc de Bort dargestellt.[1]) Er teilt das Material in zwei Gruppen, von denen die eine die Resultate von 581 Ballonaufstiegen in verschiedenen Höhen, die andere aus 141 Aufstiegen, welche die Höhe von 14 *km* erreicht haben, umfaßt. Letztere lieferte folgende Werte:

Höhe	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Amplitude
Erdoberfläche	+ 1.9°	+ 5.1°	+13.0°	+ 7.5°	13.4°
1000 *m*	− 0.2	+ 2.4	+11.8	+ 6.1	14.6
2000 *m*	− 1.4	− 2.1	+ 7.3	+ 2.2	14.3
3000 *m*	− 6.0	− 6.4	+ 2.1	− 1.7	12.5
4000 *m*	−10.9	−12.2	− 2.7	− 6.5	12.6
5000 *m*	−17.0	−18.5	− 8.3	−12.4	13.3
6000 *m*	−23.7	−25.2	−14.8	−18.7	12.5
8000 *m*	−39.0	−39.0	−29.3	−33.5	12 5
10000 *m*	−54.0	−52.7	−45.3	−48.3	11.6
12000 *m*	−57.9	−53.1	−52.7	−57.1	9.1
14000 *m*	−55.5	−52.5	−51.3	−57.1	9.3

Diese Tabelle zeigt, daß die mittlere Temperaturabnahme gering ist in den untern Schichten, wo sie in einer mit der Jahreszeit wechselnden Höhe ein Minimum zeigt wegen der Kondensation der Wolken und infolge der Temperaturumkehrungen. Diese letztern treten in den untersten 3 bis 4 *km* sehr häufig auf. Bei Windstille sind sie nachts die Regel; in manchen Fällen zeigen sie sich auch bei starken Winden. Am Tage sind sie oberhalb der Wolkenschichten gewöhnlich, zuweilen kommen sie jedoch auch ohne Wolken vor.

Die Temperaturumkehr scheint zu entstehen, wenn die Luft ihre Temperatur an Ort und Stelle ändern kann entweder durch die Berührung mit dem Boden oder mit der Oberfläche der Wolken oder durch Strahlung; ferner wenn sie auf oder unter andern Luftmassen hingleiten kann, ohne merkliche Änderung, wobei sie ungefähr den Isobarenflächen folgt.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe bis zu 10 *km* nach den Ergebnissen der internationalen Ballonaufstiege ist von Prof. Hann untersucht worden.[2]) Indem sich Verf. auf bemannte und unbemannte Aufstiege stützte, konnte er 150 Aufstiege bis zu 7 *km* und 125 bis zu 10 *km* benutzen. Dabei sind mehrere Aufstiege am selben Tage und Orte nur im Mittel verwendet worden.

[1]) Compt. rend. **138**. p. 42.
[2]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. p. 111.

Das Ergebnis war, daß die Monatsmittel der Temperatur für 1, 2, 3 usw. bis 10 *km*, noch zu sehr von dem zufälligen Witterungscharakter der Aufstiegstage beeinflußt sind, um einen einigermaßen verläßlichen jährlichen Gang zu zeigen. Dagegen ist dies bei den Temperaturdifferenzen für Kilometer-Höhenintervalle, also bei den Werten der Temperaturabnahme mit der Höhe, kaum noch der Fall, der jährliche Gang kommt in diesen Zahlen vielmehr schon recht regelmäßig zur Geltung. Die Monatswerte der Temperaturdifferenzen für die Höhenintervalle von 1 bis 3, 3 bis 5, 5 bis 7 und 7 bis 9 *km* wurden deshalb durch periodische Reihen dargestellt und der jährliche Gang mittels derselben berechnet. Das Ergebnis dieser Rechnungen war einigermaßen überraschend. In der Luftschicht von 1 bis zu 3 *km* Höhe stimmt sehr bemerkenswerterweise der jährliche Gang fast vollständig mit jenem überein, den auch die Temperaturaufzeichnungen an den festen Stationen im Gebirge ergaben. Die Phasenzeiten sind genau dieselben, nur die Amplitude ist in der freien Atmosphäre kleiner, z. B.:

Sonnblick — Gastein

$$11^{0}\,47 + 2{\cdot}67 \sin (296^{0} + \chi) + 0{\cdot}75 \sin (296^{0} + 2\,\chi)$$

Freie Atmosphäre

$$9^{0}\,37 + 2{\cdot}04 \sin (300^{0} + \chi) + 0{\cdot}37 \sin (244^{0} + 2\chi).$$

Dies ist der jährliche Gang der Temperaturdifferenzen in der Höhe von 1 und 3 *km*. Die rascheste Wärmeabnahme tritt in beiden Fällen zwischen Mai und Juni ein.

Dagegen tritt in den Höhenschichten von 3 bis 5 und von 5 bis 7 *km* die rascheste Wärmeabnahme schon im März und Aprl ein und dann ganz unerwartet in der Schicht von 7 bis 9 *km* erst im Sommer, etwa Anfang Juli. Die Amplituden nehmen zuerst mit der Höhe ab, dann in 7 bis 9 *km* wieder bedeutend zu.

Da inzwischen Teisserenc de Bort die bei 581 Aufstiegen von Ballons sondes erhaltenen Temperaturen als Mittel für die Jahreszeiten publiziert hatte, konnten diese zu einer Kontrolle der obigen Resultate benutzt werden, nachdem Prof. Hann vorerst gezeigt hatte, daß man aus den Mitteln der vier Jahreszeiten die ganzjährige Temperaturwelle schon vollkommen genau berechnen kann. Die oben angeführten Resultate finden dabei volle Bestätigung, ja die von Teisserenc publizierten Temperaturen ergeben, daß in der Schicht von 9 bis 11 *km* das Maximum der Temperaturabnahme sogar auf den Herbst fällt, während die kleinste Temperaturabnahme im Frühlinge eintritt. Das erste Glied der Sinusreihen ergibt für den beiläufigen Eintritt der raschesten Wärmeabnahme in den Höhenschichten von:

	1 bis 3	3 bis 5	5 bis 7	7 bis 9	9 bis 11 *km*
Maximum . . .	15. Mai	14. Februar	27. Januar	28. Juli	15. September

Indem die erwähnten Temperaturdifferenzen an die 17-jährigen Monatsmittel der Temperatur auf den Sonnblick angeschlossen

werden, erhält Prof. Hann Monatsmittel der Temperatur für 5, 7 und 9 *km* Höhe, auf welche er aber kein Gewicht legt. Merkwürdigerweise nehmen die Jahresamplituden mit der Höhe nicht ab, sondern zu, und dasselbe zeigen die Differenzen Sommer—Winter in den Mitteln von Teisserenc de Bort.

Seehöhe	3 *km*	5 *km*	7 *km*	9 *km*
Jahresschwankung	14.5°	16.1°	16.7°	14.8°
Sommer—Winter	9.9	10.5	11.3	9.5

Die Werte für die Wärmeabnahme pro 100 *m* ergeben sich fast vollständig übereinstimmend: 1. aus den ersten Berliner Ballonfahrten, 2. aus den vom Verfasser berechneten internationalen Fahrten und 3. aus den 581 Ballonaufstiegen in Paris. Prof. Hann stellte dann die Ergebnisse aller bemannten Fahrten allein zusammen, auch diese stimmen vorzüglich mit den aus den Registrierballons allein abgeleiteten Werten. Er versuchte dann noch, aus seinem Materiale die Temperaturabnahme mit der Höhe in den Hochdruck- und in den Niederdruckgebieten für das Winterhalbjahr und für das Sommerhalbjahr gesondert zu berechnen. Er konnte hierzu je 10 bis 12 Fälle, also rund 40 im ganzen, benutzen. Das Ergebnis stimmt mit den von ihm früher aus den Sonnblickbeobachtungen bis zu 3 *km* abgeleiteten Ergebnissen und mit jenen, die Teisserenc de Bort für größere Höhen im allgemeinen mitgeteilt hat, ohne Zahlenwerte dafür anzuführen. Prof. Hann findet folgende Zahlen:

Temperaturabnahme pro 100 *m*.

	Hochdruckgebiete		Niederdruckgebiete	
	Winterhalbjahr	Jahr	Winterhalbjahr	Jahr
0 bis 5 *km*	0.35°	0.40	0.52°	0.53
5 „ 10	0.73	0.71	0.56	0.62
0 „ 10	0.54	0.55	0.54	0.57

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist in den untern Schichten der Atmosphäre in den Antizyklonen langsamer als in den Zyklonen, in großen Höhen aber kehrt sich das Verhältnis um. Diesen Satz hat zuerst Teisserenc de Bort gefunden, aber, wie bemerkt, die Belege dafür noch nicht publiziert.

Die niedrigsten Temperaturen in sehr großen Höhen finden sich in den Antizyklonen. Am 5. Dezember 1901 z. B. gaben zwei Ballons sondes über Paris in einem ausgebreiteten Barometermaximum von 770 *mm* übereinstimmend eine Temperatur von rund — 73° in 12 bis 13 *km* Höhe. Die Temperaturabnahme mit der Höhe über Mitteleuropa überhaupt war damals bis zu 5 *km* bloß 0.27°, von 5 bis 10 *km* 0.73° und von 10 bis 12 *km* rund 1° pro 100 *m*.

Für den mittlern Temperaturunterschied zwischen den Hochdruck- und Niederdruckgebieten ergaben sich aus den von Hann be-

rechneten Beobachtungen folgende Zahlen, die natürlich nur provisorischen Wert beanspruchen können, während die Vorzeichen als ziemlich sicher angesehen werden können.

Temperaturdifferenzen: Maximum — Minimum.

	Höhenschicht				
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5 *km*
Winterhalbjahr	— 1.3	3.0	5.0	4.5	4.5
Jahr	(0.3)	3.3	4.6	4.8	5.1

	Höhenschicht				
	4—6	6—7	7—8	8—9	9—10 *km*
Winterhalbjahr	4.0	3.0	1.6	—0.8	—3.3
Jahr	5.0	4.4	3.5	2.1	0.6

Die Zahlen für das Winterhalbjahr sind die verläßlichsten. In der Bodenschicht und oberhalb 8 *km* sind die Minima wärmer, in der mittlern Schicht die Maxima. Der Temperaturüberschuß in den Antizyklonen erreicht etwa in der Höhenschicht von 2 bis 3 *km* den größten Betrag von 5° ca., der Verfasser hatte aus den Sonnblickbeobachtungen schon eine ähnliche Differenz gefunden. Das Mittel von 1 bis 10 *km* würde nach obigem immer noch einen Wärmeüberschuß für den Luftkörper der Antizyklonen ergeben, aber das bleibt noch fraglich, bis Teisserenc de Bort seine Zahlen wird veröffentlicht haben.

Luftdruck.

Die täglichen Schwankungen des Luftdruckes in Berlin sind von Prof. R. Börnstein auf Grund 20-jähriger Aufzeichnungen des Sprungschen Barographen untersucht worden. [1]) Es zeigten sich die schon bekannten zwei täglichen Schwankungen verschiedener Größe, im Jahresmittel treten die Maxima um 10^h vormittags und 11^h nachmittags, die Minima um 5^h nachmittags und 4^h vormittags ein, wobei die zuerst genannten Zeiten den Hauptextremen zukommen. Mit Eintritt der warmen Jahreszeit entfernen die Extreme sich von der Mittagszeit, um für die kältere Jahreshälfte von beiden Seiten wieder gegen Mittag hinzurücken. In den Monaten November bis Februar ist auch das von Rykatschew entdeckte dritte Maximum in den ersten Morgenstunden erkennbar.

An diese tatsächlichen Beobachtungsergebnisse schließt sich die Darstellung des täglichen Barometerganges durch eine harmonische Reihe von der bekannten Form, welche bis zum Vierfachen des variablen Winkels berechnet wird.

Diese Darstellungsweise hat namentlich in den Arbeiten von Hann zu der Erkenntnis geführt, daß die ganztägige Schwankung des

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. p. 185.

Druckes mit dem täglichen Temperaturgange und seinen örtlichen Besonderheiten in sehr naher Beziehung steht, während die halbtägige Schwankung von örtlichen Einflüssen unabhängig und meist viel stärker als jene auftritt. Man versuchte demnach, die beiden ersten Glieder der Reihe, welche bisher vorzugsweise untersucht wurden, verschiedenen physikalischen Ursachen und insbesondere das zweite Glied, also die Doppelschwankung, einem außerirdischen Vorgange zuzuschreiben. Während Lamont demgemäß an eine elektrische Einwirkung der Sonne dachte, suchte Hann den Ursprung der täglichen Doppelschwankung in der Erwärmung der obern Luftschichten. Neuerdings hat nun Margules in Durchführung einer von Lord Kelvin gegebenen Andeutung gezeigt, daß die als Ganzes betrachtete irdische Atmosphäre freie Schwingungsbewegungen ausführen kann, deren eine mit Berücksichtigung der Erddrehung und der Luftreibung sehr nahe innerhalb zwölfstündiger Perioden verläuft, und daß also irgend eine in zwölfstündigen Intervallen regelmäßig wiederkehrende Gleichgewichtsstörung imstande ist, Schwingungen der genannten Periode von größerer Stärke hervorzurufen als solche in andern (z. B. 24-stündigen) Intervallen. Um die Anwendbarkeit dieser Überlegung auf die Berliner Luftdruckzahlen zu prüfen, wurden Temperaturbeobachtungen, die in achtjähriger (1890 bis 1897) Reihe an gleicher Stelle gewonnen waren, in derselben Art bearbeitet und zur Herleitung der harmonischen Konstituenten des täglichen Temperaturganges benutzt. Dabei zeigte die Amplitude a_1 ganz ähnlichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck. Die Amplitude a_2 der halbtägigen Schwankung ist für Temperatur erheblich kleiner als a_1, hat aber den gleichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck, nämlich Maxima zur Zeit der Nachtgleichen und das Hauptminimum im Winter.

Wenn hiernach vermutet werden darf, daß auch die halbtägige Schwankung mit dem Temperaturgange in naher Beziehung steht, so würde diese Auffassung gestatten, die harmonische Reihe als den mathematischen Ausdruck einer einzigen physikalischen Beziehung anzusehen, nämlich der Abhängigkeit des Luftdruckes von der örtlichen Temperatur. Ob aber eine solche Meinung zulässig ist, muß durch Untersuchung der entsprechenden Verhältnisse anderer Orte geprüft werden

Die Beziehung zwischen Bewölkung und Luftdruckverteilung hat Dr. Felix Exner untersucht,[1]) als Beitrag zur Kenntnis des bei bestimmter Druckverteilung auftretenden Wetters. Als Kriterium für eine genau definierte Einteilung der auftretenden Erscheinungen wurde der Westwind in Wien verwendet. Für die Tage, wo derselbe in Wien um 7h vormittags in bestimmter Stärke wehte, wurden die

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1903. p. 283.

Luftdruckwerte von 13 Stationen Österreich-Ungarns ermittelt und diese nach der in Wien herrschenden Himmelsansicht in vier Gruppen geteilt, für die Bewölkung 0 bis 3, 4 bis 7 und 8 bis 10 der zehnteiligen Skala und für Niederschlag. Dabei wurden die Windstärken W_3, W_4 und W_5 oder W_6 gesondert behandelt. Für alle diese zwölf Gruppen wurden die Mittelwerte der Luftdruckdaten berechnet und mit ihnen mittlere Isobarenkarten gezeichnet. Dieselben unterscheiden sich für verschiedene Bewölkungen nur wenig voneinander; deutlich wird aber ihr Unterschied durch Bildung der Abweichungen der Werte einer Gruppe vom Mittel aller vier Gruppen einer Windstärke. So gezeichnete Abweichungskarten zeigen übereinstimmend bei Bewölkung 0 bis 3, daß Wien in einem Gebiete relativ hohen Druckes, bei Niederschlag aber in einem relativen Minimum liegt; diese sind über die mittlere Druckverteilung aller vier Gruppen superponiert zu denken.

Auf Grund seiner Betrachtungen kommt Dr. Exner zu folgendem Satze: „Wenn bei bestimmter Windgeschwindigkeit und parallelen Isobaren die Luft aus einem Gebiete mit stärkerm Druckgefälle in ein solches mit schwächerm strömt, so wird schlechtes Wetter, wenn umgekehrt, wird schönes Wetter herrschen.“ Es wurden zu den ausgewählten Drucksituationen auch Isothermenkarten gezeichnet, aus denen sich übereinstimmend ergibt, daß bei Westwind der Südosten von Niederösterreich, der Streifen Wien—Neunkirchen, eine Wärmeinsel bildet, die ihre Ursache wohl im Herabsteigen der Luft über die Ausläufer der Alpen hat.

Über die atmosphärische Ebbe und Flut. Auf der 10. Versammlung der deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu Berlin sprach Prof. Möller (Braunschweig) über die atmosphärische Flut und insbesondere über die Ebbebewegung der Luft. Dabei konnte er nicht umhin, auch die Falbschen Theorien in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Er sei, nachdem er ursprünglich dem Monde einen Einfluß auf das Wetter zusprechen zu müssen geglaubt habe, nach genauesten Beobachtungen der Barometerstände, als dem Maßstabe atmosphärischer Flut und Ebbe, zur Überzeugung gelangt, daß Beziehungen zwischen diesen Erscheinungen und dem Monde nicht bestehen, selbst wo es hin und wieder scheine. So bei dem berühmten Beispiele vom 27. Januar 1884, wo unter dem Zusammenwirken von Sonne und Neumond Sturmfluten und gleichzeitig ungewöhnliche Luftdruckverhältnisse eingetreten seien. Auch dieses und ähnliche Vorkommnisse halten der strengen Kritik gegenüber nicht stand. Immerhin bleibe es von Interesse, zu ergründen, warum die Anziehung des Mondes im Wasser und nicht in der Luft Bewegungen hervorrufe. Bei Untersuchung dieser Frage werde man nicht außer acht lassen dürfen, daß die Ebbe- und Flutbewegung im Meere, wie die Wellenbewegung im Meere überhaupt ja verhältnismäßig flach und auf die Oberfläche be-

schränkt ist, und in nicht allzu großer Tiefe Ruhe herrscht. Doch auch für die Möglichkeit, daß wir nur deshalb von der Ebbe- und Flutbewegung des Luftmeeres nichts merken, weil wir uns auf dem Boden desselben befinden, bestehe keine Wahrscheinlichkeit. Denn es müßten sich alsdann bei unsern feinen Luftdruckbeobachtungen Analogien finden zu den praktisch und theoretisch feststehenden Erfahrungen mit Ebbe und Flut im Meere, daß die von letztern hervorgerufenen Bewegungen da am stärksten sind, wo die Erde sich am schnellsten dreht, am stärksten ferner auf derjenigen Erdseite, über der das Gestirn steht, wenn auch nicht an der Stelle der Erdoberfläche, in deren Zenit das Gestirn steht, sondern 45° davon entfernt. Die Barometerbeobachtungen geben hierfür nicht die geringste Spur eines Anhaltes. — In der sich anschließenden Diskussion wurde von Professor Börnstein darauf aufmerksam gemacht, daß die Beschränkung der Wellenbewegung im Wasser auf die Oberfläche eine Ursache habe, die für die Luft entfalle, nämlich die Nichtkomprimierbarkeit des Wassers. In nicht komprimierbarer Flüssigkeit können Wellen nur da entstehen, wo eine Verschiebung möglich ist, also nur an der Oberfläche. Dagegen würde im elastischen Medium der Luft eine vom Monde erzeugte Flutwelle eine Änderung der Schwere, die in allen Schichten gleichmäßig wirken müßte, bedingen. Sie müßte sich also in den Barometerständen bemerklich machen, und es werde mit Recht auf ihr Nichtvorhandensein geschlossen, da sich Druckschwankungen regelmäßiger Art in den Zeiten, in denen sie nach den Mondständen eintreten müßten, in keiner Art nachweisen lassen.

Niederschläge.

Versuche und Beobachtungen über Regentropfen hat Prof. P. Lenard angestellt.[1]) Diese Versuche beziehen sich speziell auf das Verhalten von Wassertropfen in aufwärts strömender Luft, die ja bei der Regenbildung eine Hauptrolle spielt. Daran schließen sich weitere Beobachtungen über die quantitative Größenverteilung der Tropfen einer Anzahl von Regenfällen.

Was die Fallgeschwindigkeiten der Wassertropfen in der Luft anbelangt, so kommt bei den großen hier vorhandenen Fallhöhen immer nur die konstante Endgeschwindigkeit in Betracht, die infolge des Luftwiderstandes sich einstellt. Bezüglich der Größe des letztern unterscheidet Prof. Lenard drei wesentlich voneinander verschiedene Fälle, nämlich:

a) kleine Geschwindigkeiten, wie sie erfahrungsmäßig bei ganz kleinen Tröpfchen vorkommen. Wirbelbewegungen in der Luft kommen hier nicht in Betracht, der Widerstand rührt dann allein her von der innern Reibung in der Luft und ist einfach der Geschwindigkeit proportional. Die konstante Fallgeschwindigkeit ist in diesem Falle $v = 1\,270\,000\ r^2$. Hier bezeichnet r den Durchmesser des Tropfens und v die Geschwindigkeit, beide in Zentimetern ausgedrückt, bezogen auf die Sekunde. Hiernach hat ein Tropfen von 0.01 mm

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1904. p. 249.

Durchmesser beim freien Falle in der Luft eine konstante Endgeschwindigkeit von 3.2 *mm* in der Sekunde, einer von 0.1 mm Durchmesser eine solche von 32 *cm* in der Sekunde.

b) Größere Geschwindigkeiten, wie sie bei größern Tropfen vorkommen. Hierbei tritt Wirbelbewegung der Luft ein, und der Widerstand der Luft wächst wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Die Endgeschwindigkeit hängt von einer empirisch zu bestimmenden Konstanten ab, welche Prof. Lenard aus Fallversuchen an Wassertropfen von 2 bis 3 *mm* Halbmesser ermittelt hat. Nach seiner Berechnung beträgt die Endgeschwindigkeit eines Regentropfens von 0.3 *mm* Durchmesser 2.7 *m* in der Sekunde, die eines solchen von 0.5 mm Durchmesser 3.5 *m*.

c) Deformation des Tropfens durch die Luft, welcher eintritt bei großen Tropfen und dauernd großen Geschwindigkeiten. Zur Ermittlung der Endgeschwindigkeit sind in diesem Falle besondere Versuche erforderlich.

Versuche über das Schweben der Tropfen hat Prof. Lenard mittels eines besondern Apparates angestellt. Derselbe bestand aus einem großen Ventilatorflügelrad mit vertikaler Achse, das im untern Teile eines vertikalen, zylindrischen Mantels aufgestellt war. Der Durchmesser des Rades betrug 65 cm, der des Mantels 67 *cm*, die Höhe des letztern 100 *cm*. Versetzt ein kräftiger Elektromotor das Rad in Rotation, so bläst ein starker Luftstrom, unten in den Mantel eingesaugt, oben vertikal aus demselben heraus. Um diesen Luftstrom von der rotierenden Bewegungskomponente, die er vom Rade her hat, möglichst zu befreien, waren im obersten Teile des Mantels sechs radiale Wände äquidistant eingesetzt. Auf den Mantel war endlich ein Blechkonus gesetzt, welcher den Luftstrom auf die geringere Breite von 42 *cm* einengte, aber dafür seine Geschwindigkeit in seinem ganzen Querschnitte sowohl, als auch bis in beträchtliche Höhe hinauf überall sehr nahe gleich werden ließ. In diesen Luftstrom hinein konnten nun aus einem an der Zimmerdecke aufgehängten Gefäße durch ein Rohr Wassertropfen fallen. Damit die Bildung der Tropfen ungestört sei, war die Mündung des Rohres von einem oben geschlossenen Mantel umgeben, innerhalb dessen die Luft ruhte. Durch Variation des Durchmessers konnten verschiedene Tropfengrößen hervorgebracht werden, und durch Regulierung des Ventilatorganges war es leicht, jedesmal die Tropfen zum Schweben zu bringen. Man sah den Tropfen, nachdem er mit geringer Anfangsgeschwindigkeit die Mündung des Mantels verlassen, in verzögerter Bewegung nach abwärts steigen und etwa 50 *cm* über der Mündung des Konus zum Stillstand kommen. Er blieb dort so lange schwebend, bis er schließlich, langsam seitlich aus dem Luftstrome herausgleitend, zu Orten geringerer Windesgeschwindigkeit gelangte und dann neben dem Apparate zu Boden fiel. Das Schweben dauerte 2 bis 4 Sekunden lang. Indem der schwebende Tropfen mit dem Auge verfolgt wurde, konnte er bei seinem schließlichen Herausgleiten auf Löschpapier aufgefangen werden, um seine Größe zu ermitteln. Zur Messung der zugehörigen Luftgeschwindigkeit wurde sofort danach ein kleines Schalenkreuzanemometer an die Stelle gebracht, wo das Schweben stattgefunden hatte.

Die kleinsten untersuchten Tropfen wurden nicht einzeln in den Luftstrom fallen gelassen, sondern in Form eines Strahles, wodurch ein ganzer Schwarm schwebender Tropfen entstand. Es wurde dann der Wasserstrahl abgestellt, gewartet, bis der Schwarm durch Herausfallen von Tropfen sich gelichtet hatte, und schließlich mit den am längsten schwebend gebliebenen Tropfen verfahren, wie angegeben.

Es ergab sich, daß bei wachsender Tropfengröße die Geschwindigkeit schnell einen Grenzwert erreicht — sehr nahe 8 *m* in der Sekunde —, über welchen hinaus sie nicht wächst, sondern bei wachsender Tropfengröße wieder etwas abnimmt. In allen Fällen ist die Geschwindigkeit kleiner, der wirkliche Luftwiderstand also größer als dem Falle b entspräche. Der Unterschied ist sehr groß bei den größten Tropfen, er ist aber selbst bei Tropfen von rund 1.3 *mm* Durchmesser noch vorhanden.

Den Grund hierfür fand Prof. Lenard bei aufmerksamer Betrachtung der schwebenden Tropfen. Dieselben sind bedeutend deformiert. Die Deformation besteht in Abflachung der Tropfen in vertikaler Richtung; sie steigerte sich bei den größten Tropfen oft bis zum Zerfahren derselben. Ähnliche Deformationen hatte Prof. Lenard auch früher schon an den Tropfen eines nächtlichen Regens bei Momentbeleuchtung konstatiert. Die Tropfen jener ältern Fallversuche zeigten dagegen solche Deformationen nicht, woraus zu schließen, daß die Ausbildung dieser Deformationen mehr Zeit verbraucht, als in jenen Versuchen — die innerhalb einiger Zehntelsekunden abliefen — vorhanden war. Dem entspricht es auch, daß das Zerfahren großer, schwebender Tropfen, welchem stets die Deformation vorausgeht, immer erst nach einigem Verweilen derselben in der bewegten Luft eintrat. „Der Zeitverbrauch," sagt Prof. Lenard, „ist verständlich, wenn die Deformation nicht Wirkung der senkrecht zur Tropfenoberfläche gerichteten Drucke, sondern der tangentialen Reibungskräfte der Luft ist, welche die ganze Masse des Tropfens in wirbelnde Bewegung bringen, was bei der relativ großen Trägheit des Wassers nur allmählich geschehen kann. Solche Bewegung muß durch ihre zentrifugalen Kräfte zunächst den Tropfen abflachen; bei genügender Intensität wird sie ihn zu einem horizontalen Ring öffnen, welcher dann durch die Kräfte der Oberflächenspannung schnell in einen Kranz kleinerer Tropfen zerfallen muß."

In Hinsicht der Fallbewegung mittelgroßer und großer Tropfen bemerkt Lenard, daß das Luftwiderstandsgesetz b mit dem angegebenen Werte der Konstanten zwar gut das Fallen solcher Tropfen aus der Ruhe bis zu 3 *m* Tiefe darstellt, daß aber seine Anwendung auf Regentropfen einzuschränken ist auf das sehr enge Größenintervall von Tropfen, welche zwar zu groß sind für den Fall a, aber doch noch so klein, daß ihre Oberflächenspannung sie dauernd vor merklicher Deformation durch innere Wirbel schützt, ein Intervall, welches etwa von 0.3 bis 0.5 *mm* Durchmesser geht.

Für größere Tropfendurchmesser hat Prof. Lenard die Endgeschwindigkeiten durch direkte Beobachtungen ermittelt und findet, daß dieselbe für Tropfen von 1 *mm* Durchmesser 4.4 *m* pro Sekunde betragen, für solche von 2 *mm* Durchmesser 5.9 *m*, von 3 *mm* Durchmesser 6.9 *m*, von 4 *mm* Durchmesser 7.7 *m* ,von 4.5 bis 5.5 *mm* Durchmesser aber 8 *m* pro Sekunde.

Die eigentlichen Regentropfen, nämlich solche von rund 0.5 mm Durchmesser ab aufwärts, fallen nach dem Vorhergehenden nicht sehr verschieden schnell; die größten nicht viel mehr als doppelt so schnell wie die kleinsten. Zusammenstöße solcher Tropfen untereinander werden daher verhältnismäßig selten sein. „Außerordentlich häufig müssen dagegen die Zusammenstöße dieser Tropfen mit den in großer Zahl in der Wolke vorhandenen relativ fast ruhenden kleinern Tröpfchen sein, und dies ist jedenfalls die Art, in welcher die Regentropfen während ihres Fallens zur unten ankommenden Größe anwachsen. Denn die Geschwindigkeitsunterschiede bei diesen Stößen sind groß und können daher Zusammenfließen bewirken. Ein Versuch zeigte, daß ein 1.5 *mm* dicker, vollkommen benetzter Draht, welcher einem mit feinen Spraytröpfchen erfüllten, 10 *m* Sek. schnellen Luftstrome ausgesetzt war, eine Wassermenge aufnahm, welche etwa 50% der gegen seinen Querschnitt zielenden Tröpfchen entsprach.

Die Größe eines Regentropfens kann danach zwar nicht als absolutes, aber doch im Vergleiche mit andern gleichzeitig gefallenen Tropfen als relatives Maß für die Zeit seines Verweilens in der Wolke gelten."

„Ebenfalls sehr häufig," fährt Prof. Lenard fort, „müssen aber auch Zusammenstöße der kleinen Wolkentröpfchen untereinander stattfinden, und eben diese Zusammenstöße sind es, welche, wenn sie zusammenfließen, zur Folge haben, zu zunehmendem Anwachsen der Tröpfchen und damit zum Regnen der Wolke führen. Tröpfchen von 0.01 *mm* Durchmesser sind beispielsweise fast als ruhend zu betrachten, gegenüber solchen von 0.03 *mm* Durchmesser, und daß derartige Größenunterschiede in Wolken die Regel bilden, geht aus der relativen

Seltenheit gut ausgebildeter farbiger Mondringe hervor. Nimmt man den mittlern Durchmesser der Wolkentröpfchen zu 0.02 *mm* an, ihren mittlern gegenseitigen Abstand zu 1 *mm*, so ergibt sich die Verschiebung, welche ein Tröpfchen relativ zu seiner Umgebung machen muß, um auf ein anderes zu stoßen, gleich 0.8 *m*. Sind also Tropfen von 0.01 bis 0.03 *mm* Durchmesser vorhanden, so würde diese gegenseitige Verschiebung, also der Zusammenstoß infolge der Fallbewegung für jedes mittlere Tröpfchen etwa alle 50 bis 80 Sekunden erfolgen. Daß trotz dieser häufigen Zusammenstöße nicht jede Wolke regnet, entspricht der Tatsache, daß zur Berührung gebrachte Flüssigkeitsmassen nicht leicht zusammenfließen. Es liegt dies daran, daß die an den Oberflächen der beiden Flüssigkeitsmassen haftende, sie trennende Luftschicht Zeit braucht, um zu entweichen. Soll danach eine Wolke regnen, so muß eine wenn auch noch so geringe Kraft vorhanden sein, welche verhindert, daß die zusammenstoßenden Tröpfchen sich wieder trennen, ehe die Luftschicht entwichen ist. Ist eine solche Kraft vorhanden, so ist der Regen ausgelöst.

Da Regentropfen immer elektrisch gefunden werden, ist es wahrscheinlich, daß elektrische Ladungen der Wolkentröpfchen diese Kraft liefern. Ein mit 0.000 005 elektrostatischen Einheiten geladenes Tröpfchen von 0.02 mm Durchmesser würde ein zweites gleiches unelektrisches, bei 0.001 *mm* Abstand der beiden Oberflächen bereits mit einer seinem Gewicht nahe gleichen Kraft festhalten, so daß es nicht wieder durch die Luft fortgeführt werden kann, deren Reibungskraft bei der Fallbewegung von der Größenordnung des Gewichtes ist. Es ist dies eine Ladung, deren Hundertfaches jedem gewöhnlichen Regentropfen zugeschrieben werden kann. Zu bemerken ist aber, daß eine einigermaßen dichte Anhäufung von Tröpfchen der angegebenen Ladung, dieselbe überall gleichnamig gedacht, die Eigenschaften einer gewaltigen Gewitterwolke haben würde."

Die im Luftstrome des Ventilators schwebenden großen Tropfen zeigten in den Versuchen Prof. Lenards häufig die Erscheinung des plötzlichen Zerfahrens in kleine Tropfen, welche alsdann, nach aufwärts getrieben, seitlich den Luftstrom verließen. Das Zerfahren trat immer erst nach einigem Schweben ein; glitt der schwebende Tropfen frühe genug aus dem Luftstrome heraus, so entging er dem Zerfahren selbst beim Durchmesser von 6.4 mm. Dagegen zerfuhren Tropfen von 4.5 *mm* Durchmesser auch nach 3 bis 5 Sekunden langem Schweben nicht. Hatte ein größerer Tropfen einige Sekunden lang besonders ruhig geschwebt, was allerdings ein nicht sehr häufig vorkommender Fall war, so konnte man die charakteristische Erscheinung beobachten, meist nach vorausgegangener geringer Aufwärtsbewegung des Tropfens, daß er plötzlich in einen schönen Kranz kreisförmig angeordneter, äquidistanter, einander gleicher kleinerer Tropfen sich verwandelte. Es mochten meist 7 bis 9 Tropfen im Kranze gewesen sein. Nach unruhigem Schweben erfolgte nur unregelmäßiges Zerfahren, was der gewöhnliche Fall war.

Sehr günstig war für das Zerfahren das plötzliche Auftreffen des bereits deformierten Tropfens auf einen schnellern Luftstrom. Um zu sehen, ob bei genügend großer, plötzlicher Änderung der Luftgeschwindigkeit auch kleinere Tropfen zerfahren können, ließ Prof. Lenard solche von 2.2 und 4.0 *mm* Durchmesser etwa 60 *cm* hoch durch ruhige Luft herab in einen etwas schräg, fast senkrecht nach aufwärts blasenden Luftstrom von 6 *cm* Breite und 10 *m* Sek. Geschwindigkeit fallen. Die Tropfen durchsetzten den Luftstrom nicht, sondern wurden von demselben erfaßt und seitlich nach aufwärts fortgeworfen. Auffangen auf Löschpapier zeigte aber, daß sie dabei ausnahmslos ganz blieben.

„Man kann daher," bemerkt Prof. Lenard, „sagen, daß Regentropfen bis zu 4 mm Durchmesser unter allen Windverhältnissen unversehrt ihren Weg durch die Luft finden werden, daß dagegen solche von 5.5 mm oder gar größere nur für die Dauer weniger Sekunden bestehen können.

In der Tat hat er auch bei einer größern Zahl von Regen, worunter auch einige Wolkenbrüche waren, größere Tropfendurchmesser als 5.2 *mm* nicht ge-

funden. J. Wiesner fand 4.9 bis 5.3 *mm* (0.06 bis 0.08 g) nicht selten als größte Tropfendurchmesser (bzw. Gewichte) tropischer Regen, 6.2 *mm* (0.125 g) bei einem Augustplatzregen in Oberösterreich, 6.7 *mm* (0.16 g) aber selbst in den Tropen selten und 7.3 *mm* (0.2 g) niemals. „Bei Regen der letztern Art, mit Tropfengrößen von 5.5 *mm* und darüber, muß", wie Prof. Lenard bemerkt, „eine fortwährende Umwandlung der Tropfen in der Luft statthaben, derart, daß jeder Tropfen, welcher 5.5 *mm* bereits erreicht hat, zerfährt, ehe drei weitere Sekunden vergehen, oder ehe er 24 *m* bei ruhender Luft durchfallen hat; die größern Bruchstücke werden im Fallen durch Vereinigung mit kleinsten, auf die sie stoßen, wieder anwachsen, um alsbald wieder zu zerfahren und so fort in Wiederholung. Soll dieser Prozeß eine sehr merkliche Anzahl jener unbeständigen, großen Tropfen auf der Auffangfläche ergeben, so muß er genügend häufig in der Luft sich abspielen, d. h. die Fallhöhe (bzw. die Zeit), innerhalb welcher die größern Bruchstücke (4 *mm*) wieder zu 5.5 *mm* anwachsen, darf nicht sehr groß sein gegen jene 24 *m* (bzw. 3 Sekunden). Dies setzt einen Wasserreichtum in der Luft voraus, welcher, wie die Seltenheit jener großen Regentropfen anzeigt, nur selten vorkommt."

Was den Einfluß aufsteigender Luftströme auf die Tropfengröße anbetrifft, so bemerkt Prof. Lenard hierüber u. a. folgendes: „Das Aufsteigen der Luft ist zur Lieferung des Wasservorrates Vorbedingung für jeden Regen, doch genügen für die Wassermengen der allermeisten Regen schon sehr geringe Luftgeschwindigkeiten. Beispielsweise würde ein bei 20° gesättigter Luftstrom von etwa 1.2 *m*/Sek. bei Abkühlung auf 6° genügen, um einen Wolkenbruch von 0.72 *mm*/Min. Regenhöhe zu unterhalten. Ein solcher Luftstrom würde nur die kleinsten Tröpfchen unter 0.2 *mm* Durchmesser am Herabfallen verhindern, er kann aber im übrigen den eigentlichen Regentropfen gegenüber als nicht vorhanden angesehen werden. Stärker aufsteigende Luftströme werden dagegen einen bedeutenden Einfluß auf den Charakter der unten ankommenden Tropfenmischung haben müssen. Eine Geschwindigkeit von 8 *m*/Sek. würde sogar alles Herabfallen von Regen verhindern, und darüber hinausgehende Geschwindigkeiten würden, solange und soweit sie bestehen, beliebig große Wassermengen in beliebige Höhen hinaufheben können. Eine konstant vorhandene Geschwindigkeit von 7 *m*/Sek. würde nur die Größenklassen 3.5 *mm* und darüber fallen lassen, alle kleinern aber oben halten, und für 6, 5, 4 *m*/Sek. würde die kleinste noch fallende Klasse 2.5, bzw. 1.5, 1.0 *mm* sein. Erst bei 3 *m*/Sek. könnten zum ersten Male alle Größenklassen auf der Auffangfläche erscheinen. Regen, deren Zusammensetzung den Luftgeschwindigkeiten 7, 6 und 5 *m*/Sek. in dieser Weise entspräche, habe ich nie beobachtet. Dennoch können aufsteigende Luftströme dieser Geschwindigkeiten nicht selten sein, denn sie kommen horizontal oft vor. Es wird ihnen aber die zur Sonderung der Tropfengrößen nötige Kontinuität fehlen, wie auch die horizontalen Luftströme niemals kontinuierlich sind."

„Liegt die obere Grenze der aufsteigenden Geschwindigkeit nicht weit unter 8 *m*/Sek. oder darüber, so wird der Luftstrom zeitweilig, bzw. stellenweise, beträchtliche Wassermengen in große Höhen werfen können, wobei den Tropfen Zeit zum Anwachsen gegeben ist, so daß auch der erörterte Prozeß des Zerfahrens und Wiederanwachsens sich wird abspielen können. Es werden daher zu Zeiten, bzw. an Stellen geringerer Windgeschwindigkeit überwiegend Tropfen der größten Klassen — oder, wenn oben Frieren stattgefunden, Hagelkörner — von solchen Umwegen herabkommen, während die gleichzeitig direkt aus der Wolke fallenden Tropfen viel kleiner sein müssen. Zusammenfassend kann man den Charakter der Tropfenmischung, welchen starke, diskontinuierliche, aufsteigende Luftströme erwarten lassen, beschreiben als bestehend in dem Fehlen oder sehr verminderten Vorhandensein der kleinsten Tropfenklasse, in dem Vorhandensein größter, eben noch beständiger Tropfen, vermischt mit kleinen, aber beim Fehlen von Zwischenstufen." Prof. Lenard hat für Regen dieser Tropfenmischung den Namen „tumultuarisch" gewählt.

Diesen stehen die stillen Regen gegenüber. „Ein aufsteigender Luftstrom mit Geschwindigkeiten zwischen 2 und 0 *m*/Sek. genügt, wie erwähnt, zur Speisung gewöhnlicher Regen, läßt aber die Bewegung und das Wachsen der eigentlichen Regentropfen im wesentlichen wie in ruhender Luft vor sich gehen, auch wenn seine Geschwindigkeit in diesen Grenzen veränderlich ist; daher der für Regen dieser Art gewählte Name. Hierher gehören wohl die meisten gewöhnlichen Landregen. Die Größe jedes unten ankommenden Tropfens kann in diesem Falle proportional der Dicke der von ihm durchfallenen Wolkenschicht gesetzt werden. Regnete daher eine homogen beschaffene Wolke aus ihrem ganzen Volumen gleichmäßig, so müßte sie gleichviel Tropfen jeder Klasse liefern, von der kleinsten bis zur größten überhaupt vertretenen. Dies scheint aber nicht oft vorzukommen. Es finden sich meist mehr kleinere als größere Tropfen, was anzeigt, daß die meisten Tropfen in den untern Teilen der Wolkenschicht ihren Ursprung nehmen. Übergänge von stillem zu tumultuarischem Charakter von Regen werden stattfinden müssen, wenn die aufsteigende Luftgeschwindigkeit zwar 2 *m*/Sek. übersteigt aber 8 *m*/Sek. nicht nahe kommt.“

Die unmittelbare Kondensation der atmosphärischen Feuchtigkeit aus Wolken auf hochliegenden Flächen. Im südwestlichsten Teile von Kapland fällt in den (Sommer-) Monaten Dezember, Januar und Februar nur 8% der jährlichen Regenmenge, ja bisweilen in zwei Monaten kein Tropfen. Die Vegetation ist dann dementsprechend ärmlich, dagegen findet man in den höher liegenden Berggebieten eine recht üppige Vegetation, trotzdem auch dort eigentliche Regenfälle während der Sommermonate sehr selten sind. R. Marloth hat nun beobachtet, daß, wenn diese hohen Gebiete bei Südostwind von Wolken bedeckt werden, die Gräser und Büsche sich mit Wassertropfen bedecken. Um diese Kondensation genauer festzustellen, errichtete er [1]) im Sommer 1902 bis 1903 auf dem Tafelberge eine Station mit zwei Regenmessern, von denen einer wie gewöhnlich konstruiert war, während der andere ein Drahtgewebe besaß, in welchem Riedgräser befestigt waren. Als am 1. Januar 1903 (nach 21 Tagen) beide Regenmesser revidiert wurden, war der erstgenannte trocken, der andere dagegen enthielt 14.64 engl. Zoll Wasser. Während eines Zeitraumes von 56 Tagen wurden in dem offenen Regenmesser 4.97 Zoll Wasser, in dem mit Riedgräsern bedeckten 79.84 Zoll abgelesen; hier war also eine Menge Feuchtigkeit kondensiert, welche 74.87 Zoll Regen entsprach, außerdem war die drei letzten Male der Regenmesser übergeflossen. Da nun die Jahreszeit der Südostwolken doppelt solange dauert als der Versuch, so ist die Annahme nicht übertrieben, daß im Sommer, abgesehen vom Regen, eine Kondensation von mindestens 150 Zoll der Vegetation zugeführt wird.

Der Schneesturm vom 18. bis 20. April 1903 in Ostdeutschland ist von Dr. G. Schwalbe dargestellt worden. [2]) Dieser Schneesturm

---

[1]) Transact. of the South African. Philos. Soc. **14**. p. 403.
[2]) Annalen d. Hydrographie usw. 1904. p. 62.

gehört zu den hervorragendsten Witterungsanomalien der letzten Jahrzehnte, und zwar ist er aus zwei Gründen bemerkenswert, nämlich einmal wegen der großen Niederschlagsmengen in Form von Schnee, welche vielfach eine Schneedecke erzeugten, die nicht nur für die Jahreszeit eine ungewöhnliche Höhe erreichte, sondern selbst im tiefsten Winter als abnorm angesehen werden müßte. Außerdem aber muß der am 19. herrschende außerordentlich heftige Sturm hervorgehoben werden, indem an diesem Tage ein starkes Zusammendrängen der Isobaren erfolgte, welches nach der Wetterlage der vorangehenden Tage nicht hatte vorausgesehen werden können.

Die Ergebnisse, zu welchen Verfasser gelangt, faßt er in folgende Sätze zusammen:

1. Die starken Schneefälle am 19. und 20. April 1903 über einem großen Teile von Ostdeutschland sind als die Folge des Fortschreitens eines über Oberitalien gelegenen Minimums, etwa auf der Zugstraße VB, nach Norden und für die nördlichern Teile des betroffenen Gebietes gleichzeitig der Vereinigung dieses Minimums mit einem zweiten, welches am Abende des 17. über der Ostsee lag, anzusehen.

2. Der Sturm, welcher die Schneefälle begleitete, ist in erster Reihe aus der bedeutenden Vertiefung des Luftdruckes, welche bei der Vereinigung der beiden Minima eintrat, während der Luftdruck im Westen unverändert hoch blieb, zu erklären.

3. Die Tatsache, daß der hohe Luftdruck bei Annäherung des Minimums seinen Ort nicht veränderte, sondern sich längere Zeit hindurch unverändert hielt, erklärt sich zum Teile aus dem Herannahen einer neuen Depression im Westen. Unerklärt bleibt hierbei die Tatsache, daß das Maximum sich zunächst nicht verflachte.

4. Der ziemlich plötzliche Übergang von trockenem Wetter im Westen zu sehr niederschlagsreichem im Osten der Elbe kann nur durch den Verlauf der Isobaren in einem höhern Niveau seine Erklärung finden.

Die Staubfälle vom 19. bis 23. Februar 1903 über dem nordatlantischen Ozeane, Großbritannien und Mitteleuropa hat Prof. Dr. E. Herrmann untersucht.[1]) Der Staub rührte von einem Sandsturme in der Sahara am 18. Februar 1903 her, wo an jenem Tage starke atmosphärische Störungen stattfanden, die im Atlasgebiete reiche Niederschläge brachten. Der Unterschied gegen den Staubfall vom März 1901 bestand darin, daß der Staub nicht wie damals mit einer nach Norden sich fortpflanzenden Depression fortgeführt wurde, sondern daß er mit der herrschenden Luftströmung in ferne Gegenden gelangte. Über dem mittlern und westlichen Europa,

[1]) Annalen d. Hydrographie usw. 1903. Heft 10 u. 11. — Naturw. Rundschau 1904. p. 97.

einem Teile des nordwestlichen Afrika und den an Westeuropa angrenzenden Meeresgebieten lag nämlich am 18. Februar ein abgerundetes Hochdruckgebiet mit einem Maximum des Luftdruckes von über 780 *mm* über dem nordwestlichen Alpengebiete. Dieses Hochdruckgebiet war rings umgeben von einem Gebiete niedrigern Luftdruckes, in dem lebhafte zyklonale Erscheinungen auftraten. Ferner befand sich zwischen den Azoren und den Kanarischen Inseln eine Depression, welche den Passat in jenen Gegenden störte. Nach Nordwesten und Norden hin war das Maximum durch ein großes Depressionsgebiet begrenzt. Nach dem Osten Rußlands hin nahm der Luftdruck gleichfalls ab. Von der östlichen Luftströmung der höhern Schichten der Atmosphäre im Süden des Hochdruckgebietes getragen, wurden die Staubmassen nach den Kanarischen Inseln geführt. Sie gelangten so an die Südwestseite des Hochdruckgebietes, und hier teilte sich die staubführende Strömung. Ein Teil schloß sich den südöstlichen Winden an der Südwestseite des Hochdruckgebietes an und nahm die Richtung nach den Azoren; der andere Teil wurde in südlicher Richtung abgelenkt. Indem sich nämlich der höhere Druck sowohl von Nordosten her über Madeira und die Kanarischen Inseln als auch von Westen her in der Umgebung des 40. Breitengrades weiter vorschob, so daß in diesen Gegenden ein von Westen nach Osten in Zusammenhang stehendes Hochdruckgebiet sich bildete, wurde die Passatströmung wieder hergestellt, welche den Staub bis in die Gegend der Kap Verdischen Inseln führte. Aber auch der nach Nordwesten getriebene Staub erfuhr in der Gegend der Azoren eine nochmalige Teilung. Indem nämlich im Laufe des 21. Februar auch südlich und südöstlich von den Azoren eine nördliche und nordöstliche Luftströmung einsetzte, wurde ein Teil des Staubes von den Azoren in westlicher und südwestlicher Richtung vertrieben. Der größere Teil wurde aber von der sehr lebhaften südwestlichen Luftströmung in den Grenzgebieten des Hochdruckgebietes gegen eine tiefe, über dem Nordatlantischen Ozeane liegende Depression aufgenommen. Mit dieser Luftströmung ist der Staub nach Großbritannien und Mitteleuropa gelangt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Staubfälle war auf dem ganzen Wege 20 bis 25 *m* in der Sekunde, etwa wie im März 1901. Naturgemäß fielen näher am Ursprungsorte zunächst die gröbern Staubteile heraus: In Belgien war der Staub noch sehr konsistent; in den südlichsten Teilen Zentraleuropas äußerte er sich nur noch in einer Dunstbildung. Die besondere Erwärmung und Trockenheit, welche in jenen Tagen in vielen Gegenden Mitteleuropas beobachtet wurde, erklärt der Verf. aus einer Mischung der über Europa hinstreichenden Luft mit aus südlichern Gegenden stammender, wärmerer. Auch wurden die in der Luft schwebenden Staubteilchen unmittelbar durch die Sonne erwärmt und hierdurch die Temperatur und Trockenheit der Luft nicht unwesentlich gesteigert.

Der Staubfall des 19. April 1903 im mittlern Elbgebiete ist von Dr. Meinardus untersucht worden.[1]) Dieser Staubfall hatte hiernach seinen Ursprung nicht in der Sahara, sondern stand mit den schweren Stürmen und Schneefällen in Verbindung, die um diese Zeit das östliche Deutschland heimsuchten.

Auf der Westseite einer tiefen Depression, die, aus Süden gekommen, am Abende des 18. April über Polen lag und von dort langsam nach der ostpreußischen Küste fortschritt, entwickelten sich im Laufe des 18. stürmische Winde aus dem nordwestlichen Quadranten, die in den östlichen Provinzen von um diese Jahreszeit ungewöhnlich starken Schneefällen begleitet waren. Im Laufe des 19. erreichte die Luftbewegung an vielen Orten orkanartige Stärke, so daß die niederfallenden Schneemassen meist zu hohen Schneewehen aufgetürmt wurden, die, wie erinnerlich sein wird, auf vielen Eisenbahnstrecken tagelang den Verkehr vollständig unterbanden.

Am 19. April, als der Nord- und Nordweststurm die größte Intensität erreichte, nahm im Laufe der Vormittagsstunden auf einem Gebiete, das, soweit es sich aus den eingesandten Berichten ersehen läßt, das südliche Brandenburg, Teile des Königreichs Sachsen und Nordböhmens umfaßt, der Himmel eine schmutzige, gelbbraune Färbung an, die bis gegen Abend anhielt. Dabei wurde an vielen Orten, an denen gleichzeitig Schneefall auftrat, ein graubrauner Staubniederschlag beobachtet, der besonders im südöstlichen Brandenburg und auf der Schneekoppe größere Intensität gehabt hat, so daß es gelang, Staubproben als Rückstände aus geschmolzenem Schnee in größern Quantitäten zu sammeln.

Es handelt sich hier um ein zwar lokal beschränktes Phänomen, aber eines von bedeutender Intensität, wenn man bedenkt, daß viele Stunden lang bei anhaltendem Sturme Staubmassen in derselben Richtung an den Beobachtungsorten vorüber getragen wurden. Dr. Meinardus kam zuerst während der Beobachtung auf den Gedanken, daß es vielleicht die Rauchmassen der nahen Großstadt sein könnten, die an seinem Wohnorte die Luft undurchsichtig machten. Indes mußte er diese Erklärung bei näherer Erwägung von der Hand weisen, da der Wind nordwestlich war, und die stärkste Trübung in dieser Richtung lag, während der Hauptteil der Stadt sich im Norden und Nordosten befindet. Auch schien die braungelbe Färbung der Luft nicht wohl durch Kohlendünste veranlaßt zu sein, und der durch die Fensterritzen eindringende Staub zeigte eine ziemlich grobkörnige Struktur und die Farbe von Ackererde. Da der Boden in den nordwestlichen Teilen von Brandenburg und Sachsen, sowie in Mecklenburg um diese Zeit noch schneefrei war, so lag es nahe, anzunehmen, daß der mit unerhörter Kraft tobende Sturm auf weite Strecken hin Staub von dem Acker- und Sandboden aufwirbelte und nach Süden

---

[1]) Das Wetter 1903. Heft 12.

und Südosten hin mit sich trug. Diese Erklärung findet eine Stütze durch die Ergebnisse der mineralogischen Analyse, die von Dr. F. v. Wolff an einigen der eingesandten Staubproben vorgenommen wurde.

Nach der ganzen Lage der Verhältnisse am 19. April dürfte die Erscheinung somit genügend erklärt sein. Die Trübung der Luft und der Staubfall zeigten sich in und südlich von den Gebieten, die noch schneefrei waren, während der größten Intensität des Sturmes. Daß nicht auch später bei anhaltendem Sturme der Luft Staub beigemengt war, ist nicht verwunderlich, da sich in der Nacht vom 19. zum 20. April in den nördlichen Gebieten ebenfalls Schneefall einstellte und dadurch den Boden der Deflation entzog.

Ein sogenannter Tintenregen ist in den Morgenstunden des 15. März 1903 über die Stadt Louisburg in Nordcarolina niedergegangen. Aus Neugierde wurde das schwarze Wasser aus den Pfützen von den Eingeborenen vielfach gesammelt und aufgehoben, und so kam es in die Hände von zwei Professoren der Nordcarolinauniversität, die das Ergebnis ihrer Prüfung in der „Science" veröffentlichten. Etwa 60% des Rückstandes bestanden aus organischen Stoffen, hauptsächlich aus Ruß. Auffallend jedoch war der Gehalt an Mineralien, namentlich Chlorverbindungen, unter denen das Kochsalz in größter Menge. Außerdem waren noch andere Natrium- und einige Kalziumsalze vorhanden, sodann Spuren von Eisen, Mangan, Aluminium und Zink. Vor dem Niedergange des Regens waren keine besondern Erscheinungen bemerkt worden, außer einer ungewöhnlich schwarzen Wolke, die eine so dichte Dunkelheit verbreitete, daß für eine halbe Stunde die Lampen angezündet werden mußten. Es hatte schon mehrere Tage vorher geregnet, ehe das ungewöhnliche Ereignis eintrat. Nach einigen Tagen wurde das bis dahin völlig schwarze Wasser in den Pfützen klar, nachdem sich die schwarzen Sinkstoffe daraus niedergeschlagen hatten. Wodurch die eigentümliche Färbung des Regens entstanden war, ließ sich nicht ermitteln, obgleich aus der chemischen Untersuchung zu entnehmen ist, daß eine starke Verunreinigung der Luft durch Kohlenrauch dabei im Spiele gewesen sein muß. Eine derartige Schwarzfärbung von Regen und Schnee ist überhaupt zuweilen beobachtet worden, jedoch müssen die sie bedingenden Verunreinigungen der Luft zeitweilig einen sehr weiten Transport durch den Wind erfahren.

Einfluß des Mondes auf die Niederschläge. Guido Lamprecht (Bautzen) hat eine Untersuchung hierüber angestellt. „Untersucht man," sagt er, „den Einfluß der synodischen Bewegung des Mondes auf das Wetter oder den der anomalistischen getrennt für sich, so findet er sich im Durchschnitte der Jahrzehnte gleich Null. Dagegen zeigt er sich über Erwarten groß, wenn man die Neumonde und Voll-

monde trennt, je nachdem sie mit der Erdnähe zusammenfallen oder nicht.

Um monatliche Wetterbeobachtungen nach dieser zusammengesetzten Periode zu gruppieren, hat er die einzelnen Stellungen des Mondes in jedem dieser Kreisläufe nach Hundertsteln ausgedrückt und dann für den Anfang des Monates ihren Unterschied gebildet. Es wurden alsdann die Beobachtungen geordnet nach Zehnteln der Differenz: Mittlere Anomalie (d. i. der Winkel: Erde—Mond in der elliptischen Mondbahn von der Erdnähe ab gezählt) weniger mittlere Phase (Winkel: Erde—Mond von der Richtung Erde—Sonne ab gemessen). Bei 0.00 dieser Periode fällt also die Erdnähe auf den Neumond, bei 0.25 auf das letzte Viertel, bei 0.50 auf den Vollmond, bei 0.75 auf das erste Viertel. Die Dauer dieser Doppelperiode beträgt 411.79 Tage.

Lamprecht benutzte nun die monatlichen Niederschlagssummen 1. von 40 norddeutschen Stationen in den 38 Jahren von 1857 bis 1894 und 2. von durchschnittlich 98 Stationen auf Java und Madeira in den 24 Jahren von 1879 bis 1902. Diese niederländischen Beobachtungen umfassen die ungeheuere Niederschlagssumme von 5900 *m*. In jeder Monatsreihe wurde endlich die halbe Anzahl mit den größten Summen als naß, die andere Hälfte als trocken bezeichnet, um den Einfluß der Jahreszeiten möglichst auszuschalten."

Das Ergebnis ist folgendes:

Zehntel der Mondperiode	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	1.	2.
Norddeutschland:	Vollmond-Erdnähe					Neumond-Erdnähe				
Zahl der trocknen Monate	23	21	20	19	15	26	27	34	23	20
„ „ nassen „	23	26	22	26	32	19	18	14	22	16
Java: „ „ trocknen „	15	13	10	13	10	13	15	18	21	16
„ „ nassen „	16	18	17	16	19	15	13	11	8	11

Die Zahlen besagen folgendes: In Norddeutschland wie auf Java ist, abgesehen von andern Ursachen, Trockenheit zu erwarten, wenn die Erdnähe des Mondes dem Neumonde näher liegt als dem Vollmonde (Nordd. 10. Zehntel der Tabelle 34 : 14, Java 1. Zehntel 21 : 8), umgekehrt Nässe, wenn die Erdnähe dem Vollmonde näher fällt als dem Neumonde (4. bis 7. Zehntel der Tabelle: Nordd. 75 : 106, Java 46 : 70). Diese Regel gilt für alle Länder, wo der meiste Regen beim höchsten Sonnenstande fällt.

„Ferner," sagt Lamprecht, „ist deutlich zu erkennen, warum man keinen Einfluß des Mondes auf den Niederschlag feststellen kann, wenn man nur den synodischen oder nur den anomalistischen Monat allein untersucht, denn die Stellung Vollmond—Erdnähe (= Neumond—Erdferne) erzeugt im Mittel mehr Niederschlag, die Stellung Vollmond—Erdferne (= Neumond—Erdnähe) mehr Trockenheit, und das gleicht sich gerade aus, wenn man diese von mir getrennten Stellungen nicht unterscheidet."

Ed. Hch. Mayer, Verlag, Leipzig.

Jahrbuch XV, 1904. Tafel VI.

Isobaren Nordamerikas
für den Februar am Meeresspiegel, in 3500 sowie in 10000 Fuß Höhe
nach Frank H. Bigelow.

Luftbewegung, Wind und Sturm.

Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre ist von W. Hildebrandsson und Teisserenc de Bort auf Grund ihrer Untersuchungen dargestellt worden.[1]) Die Ergebnisse faßt Schlee wie folgt zusammen:[2])

1. Über dem thermischen Äquator und den „äquatorialen Kalmen" existiert während des ganzen Jahres eine Strömung aus O, welche in großen Höhen eine sehr große Geschwindigkeit zu haben scheint.

2. Über den Passaten herrscht ein Antipassat, der auf der nördlichen Halbkugel aus SW und auf der südlichen aus NW kommt.

3. Dieser Antipassat überschreitet nicht die polare Grenze des Passates. Er wird auf der nördlichen Hemisphäre mehr und mehr nach rechts und auf der südlichen nach links abgelenkt, so daß er schließlich zu einer Weströmung über dem barometrischen Maximum der Wendekreise wird, wo er herabsteigt, um den Passat zu speisen.

4. Die Regionen, welche an der äquatorialen Grenze des Passates liegen, treten je nach der Jahreszeit bald in den Passat, bald in die äquatorialen Kalmen ein. Über ihnen gibt es folglich einen obern Monsun: den Gegenpassat im Winter und den äquatorialen Oststrom im Sommer.

5. Von den Hochdruckgebieten der Wendekreise nimmt der Luftdruck im Durchschnitte kontinuierlich nach den Polen zu ab, wenigstens bis über die Polarkreise hinaus. Daher wird die Luft der gemäßigten Zonen in einen ungeheuern polaren Wirbel hineingezogen, der sich von W nach O dreht. Diese Drehbewegung scheint von derselben Natur wie diejenige einer gewöhnlichen Zyklone zu sein: die Luft der untern Schichten nähert sich dem Zentrum, die der obern entfernt sich mit zunehmender Entfernung vom Erdboden immer mehr davon, bis zu den höchsten Regionen, aus denen wir Beobachtungen haben.

6. Die obern Luftschichten der gemäßigten Zonen breiten sich über die Hochdruckgebiete der Wendekreise hin aus und sinken dort herab.

7. Die Unregelmäßigkeiten, welche man an der Erdoberfläche findet, und zwar besonders in den asiatischen Monsungegenden, verschwinden im allgemeinen schon in der Höhe der untern oder mittlern Wolken.

Die Hypothese einer vertikalen Zirkulation zwischen den Wendekreisen und den Polen, welche man bis jetzt, Ferrel und J. Thomson folgend, angenommen hat, muß völlig aufgegeben werden.

---

[1]) Les bases de la météorologie dynamisque 1903. Livr. 6. Paris.
[2]) Petermanns Mitteil. 1904. Nr. 8. Literaturber. 16.

Diese Sätze stimmen mit denjenigen, welche Professor Hildebrandsson über die allgemeine Bewegung der Erdatmosphäre auf Grund der Cirrusbetrachtungen aufgestellt hat, im wesentlichen überein.[1])

Untersuchungen über vertikale Luftströmungen hat Dr. Felix M. Exner angestellt, die von großer Wichtigkeit sind.[2]) Tatsächlich sind zwar wohl die horizontalen Bewegungen der Luft für deren Druckverteilung auf der Erdoberfläche am maßgebendsten, allein geringe vertikale Bewegungen, die auf den Druck von kaum merkbarem Einflusse sind, bedingen das Erscheinen des heitern Himmels, der Wolken, des Niederschlages, kurz, bestimmen den Gesamtbegriff „Wetter", und so müssen jene, wenn auch für die dynamische Meteorologie von geringerm Belang, für die eigentliche Wetterkunde von großer Wichtigkeit sein.

Indem Dr. Exner unternahm, die Bedingungen vertikaler Luftbewegungen an der Hand der Hydrodynamik unter einfachen Voraussetzungen festzustellen, findet er u. a., daß bei vertikalen Bewegungen der Luft im stationären Zustande die Abnahme des Druckes mit der Höhe stets derart sein müßte, als würde eine vermehrte Schwerkraft wirken, gleichgültig ob in Zyklonen oder Antizyklonen.

Dr. Exner betont, daß es bei Voraussetzung des stationären Zustandes nicht möglich ist, aus einer gegebenen Druckverteilung in der Vertikalen die bestehende Bewegungsrichtung in dieser zu deduzieren, und daß es im allgemeinen zur Vorherbestimmung der eintretenden Änderung nicht genügt, die Druckverteilung in der Vertikalen zu kennen; auch die Kenntnis der bereits vorhandenen Bewegungen ist für dieselbe noch erforderlich, wodurch das Problem einer Vorausbestimmung der Luftbewegungen noch komplizierter erscheint.

Exner findet ferner aus seinen Formeln, daß bei gleichmäßiger Druckverteilung der absteigende Luftstrom ein Steigen des Druckes, der aufsteigende ein Fallen desselben zur Folge hat.

Dies steht in Übereinstimmung mit der sogenannten Erhaltungstendenz der Witterung und dürfte wohl deren physikalische Erklärung sein.

Ferner ist unter sonst gleichen Verhältnissen die vertikale Bewegung in warmen Gebieten größer als in kalten und bei hohem Drucke kleiner als bei niederm. Diese Folgerungen gelten aber mit Ausnahme der beiden letzten nur für die Nähe der Erdoberfläche; für größere Höhen kehren sich die Verhältnisse um.

---

[1]) Dieses Jahrb. **14**. p. 359.

[2]) Sitzungsber. d. k. k. Akad. Wien. Mathem. naturw. Kl. **112**. Abt. IIa.

Es scheint also, daß die Bedingung des verhältnismäßig tiefen Druckes zur Bildung von Niederschlag, wie sie unten galt, oben umgekehrt ist: Wenn in größerer Höhe der Druck an einem Orte gegen seine Umgebung verhältnismäßig hoch ist, dann wird daselbst Niederschlag sich bilden können. Ein Versuch, diese Verhältnisse aus den Beobachtungen abzuleiten, hat die Theorie bestätigt und zugleich eine Möglichkeit gegeben, die Größe der vertikalen Geschwindigkeit aus der Druckverteilung zu berechnen.

Um Theorien an der Hand der Tatsachen zu prüfen, war es notwendig, Wetterkarten für eine größere Höhe zu berechnen. Dr. Exner wählte dazu die Höhenstation Sonnblick in der Hoffnung, daß der aufsteigende Luftstrom daselbst trotz der Umgebung der Berge schon ziemlich ausgebildet sein werde; der Gipfel des Sonnblickes ist ja ziemlich spitz. Es wurden aus dem Jahre 1899 jene Tage ausgesucht, an welchen daselbst ein Niederschlag von 10 *mm* und darüber gefallen war; deren sind 54. Für diese Tage wurden mit Benutzung der Gipfelstationen Wetterkarten für die Höhe von 2500 *m* gezeichnet; allerdings wäre eine größere Höhe für die Untersuchung vorteilhafter gewesen, doch ist bei den vorhandenen Beobachtungspunkten (Ben Nevis, Ätna, Pic du Midi, Säntis, Sonnblick, Obir usw.) die Berechnung der Barometerstände wohl für 2500 *m* am ratsamsten.

Diese Wetterkarten zeigen nun schon bei bloßer Betrachtung zumeist im Bereiche des Sonnblickes, also dort, wo Niederschlag gefallen war, den Druck verhältnismäßig höher als in dessen Umgebung, während wir bei den Wetterkarten, die aufs Meeresniveau reduziert sind, uns daran gewöhnt haben, die Niederschläge im Bereiche des tiefsten Druckes zu suchen.

Es dürfte demnach als durch die Beobachtungen bestätigt gelten, daß die der Erdoberfläche zunächst liegenden und die höhern Schichten der Atmosphäre sich bezüglich der Bedingungen für die Entstehung eines vertikalen Luftstromes gerade umgekehrt verhalten: An der Erdoberfläche bedingt bei stationärem Zustande tiefer Druck aufsteigenden, hoher Druck absteigenden Luftstrom; in der Höhe findet aufsteigender Strom bei hohem Drucke, absteigender bei tiefem statt.

Wenn wir daher, so schließt Dr. Exner seine wichtige Untersuchung, z. B. vollkommen heitern Himmel über uns haben, der auf absteigende Luftbewegung schließen läßt, so müssen wir an der Erdoberfläche verhältnismäßig hohen, in der Höhe tiefen Druck voraussetzen; die Druckabnahme muß daher hier eine raschere sein als in der Umgebung, was der Fall sein wird, wenn auch die Temperatur daselbst rascher abnehmen wird; und tatsächlich ist im absteigenden Luftstrome die Abnahme der Temperatur mit der Höhe größer als sonst. Es scheint also auch dieser Schluß die Folgerungen aus der Theorie zu bestätigen. Im Grunde bedeutet dieselbe einfach: Wenn der Druck sich mit der Zeit nicht ändert, und an einem Orte horizontal

mehr Luft ab- als zuströmt, so muß zur Ersetzung derselben ein vertikaler Luftstrom, wenn derselbe konstant ist, nach aufwärts gerichtet sein, um dichtere Luft an den Ort hin-, dünnere aber wegzutransportieren und umgekehrt. Ist aber ein bis in große Höhen reichender aufsteigender Strom vorhanden, der unten tiefen, oben hohen Druck bedingt, so muß die Temperaturabnahme daselbst eine langsamere sein als in der Umgebung. Der Wasserdampf, welcher diese Temperaturverteilungen tatsächlich verursacht, scheint also die Bedingungen für die Ausbildung großer vertikaler Bewegungen zu schaffen.

Betrachten wir anderseits z. B. den Fall eines bis in größere Höhen hinaufreichenden tiefen Druckes, wie er wohl gewiß in einem Wirbelsturme obwalten wird; dann soll an der Erdoberfläche aufsteigender, in der Höhe absteigender Luftstrom vorhanden sein. Unwillkürlich erinnert dies an das sogenannte „Auge des Sturmes", ein Aufklaren im Zentrum, das wohl auf absteigenden Luftstrom zurückzuführen ist. Leider muß eine genauere Bestätigung dieser Ansichten der Zukunft überlassen werden.

Allgemein läßt sich also sagen: Im stationären Zustande wird tiefer Druck an der Erdoberfläche aufsteigenden, in der Höhe absteigenden, hoher unten absteigenden, oben aufsteigenden Luftstrom zur Folge haben; umgekehrt wird bei absteigendem Luftstrome in der Höhe tiefer, unten hoher Druck, bei aufsteigendem aber oben hoher, an der Erdoberfläche tiefer Druck herrschen und danach die horizontale Bewegung sein.

Ob die besprochenen Gesichtspunkte zur weitern Erklärung mancher Erscheinungen in den höhern Luftschichten verwendbar sein werden, und ob es von Vorteil sein kann, aus den telegraphischen Meldungen der Höhenstationen ein Bild der Druckverteilung in der Höhe zu gewinnen und nach diesen Gesichtspunkten zu beurteilen, um dasselbe vielleicht für die Prognose verwerten zu können, muß noch dahingestellt bleiben.

So viel scheint aus den obigen Ausführungen wohl zu folgen, daß an eine wirklich exakte Behandlung des Problemes der Luftbewegungen für die täglichen Wetterprognosen mit Hilfe des jetzt vorhandenen telegraphischen Beobachtungsmateriales nicht gedacht werden kann. Selbst die Kenntnis des Druckes und der Temperatur sowohl in ihrer horizontalen wie vertikalen Verteilung würde für die Wettervorhersage nicht ausreichen; es bedürfte dazu noch der Kenntnis der vertikalen Geschwindigkeit. Die geringen Erfolge der Prognose sind somit hauptsächlich auf Mangel von Berichten, nicht aber auf fehlerhafte Behandlung des Gegenstandes zurückzuführen. Bis daher nicht das Beobachtungsmaterial eine wesentliche Vermehrung erfahren haben wird, dürfte der rein empirische Weg der einzige für den Fortschritt in der Wetterprognose bleiben.

Über die Mechanik der Luftbewegung in Zyklonen und Antizyklonen hat Frank H. Bigelow bemerkenswerte Untersuchungen veröffentlicht,[1]) in der er sich gegen die Ansicht ausspricht, die Zyklone sei lediglich ein Wirbel innerhalb einer nach Osten gerichteten allgemeinen Luftströmung. Auf Grund der systematischen Beobachtungen, welche auf Veranlassung des nordamerikanischen Wetterbureaus angestellt werden, konstruierte Verf. den Verlauf der Isobaren an der Meeresoberfläche in 3500 Fuß (1067 *m*) und in 10 000 Fuß (3048 *m*) Seehöhe und kommt zu dem Ergebnisse, daß sich die Atmosphäre in einer ununterbrochenen Bewegung um den Pol von W nach O befindet, innerhalb deren die sogenannten Depressionen und Maxima eine mehr lokale oder vorübergehende Rolle spielen. Diese entstehen durch Eindringen von warmen in kältere Luftmassen.

Bigelow gibt eine Darstellung des Verlaufes der Isobaren über den Vereinigten Staaten am 3. Februar 1903 für die drei oben genannten Niveaus, die auf Tafel VI reproduziert ist. Die schwarzen Linien in Fig. 1 stellen nach den Beobachtungen die Isobaren im Meeresniveau dar, wobei der Barometerstand in englischen Zollen und Zehnteln derselben ausgedrückt ist. Fig. 2 zeigt in den ungeteilten schwarzen Linien die Verteilung des Luftdruckes für den 3. Februar 1903 in 3500 Fuß Höhe an. Die gebrochenen Linien bezeichnen dagegen die Luftdruckverteilung an dem nämlichen Tage in 10000 Fuß Höhe.

Der Chinookwind. A. Burrow gibt eine interessante Schilderung dieses Windes. Die Bewohner der nordwestlichen Staaten der Union vom Ostabhange des Felsengebirges bis zur Küste des Großen Ozeanes kennen diesen warmen Winterwind längst, und er führt dort den Namen Chinook; allein seine eigentliche Natur ist erst später zutage getreten. Man hat in diesem Winde lediglich einen Föhn zu erblicken, neben dem aber der Föhn unserer Alpen in bezug auf Ausdehnung seines Gebietes völlig verschwindet. Unter dem Einflusse des Chinook steigt die Temperatur bisweilen im Zeitraume von weniger als einer Stunde um 20°. Dann rast der Wind mit Orkangeschwindigkeit dahin, frißt längs den Abhängen und auf der Ebene den Schnee im Augenblicke und erzeugt an Stelle der winterlichen Kälte eine fast sommerliche Hitze. Nach dem Berichte von Burrows war in Montana 1896 der Winter so früh und mit solcher Strenge eingetreten, daß die Viehzüchter den Verlust ihrer Herden vor Augen hatten. Am 1. Dezember aber sah man an vielen Orten den bis dahin wolkenlosen Himmel sich rasch mit düsterm Gewölk überziehen, diesem folgte ein rapides Steigen der Lufttemperatur, der Wind setzte mit großer Gewalt ein, und in einem halben Tage war

---

[1]) Monthly Weather Review 1903. **31**. Nr. 2. 1904. **32**. Nr. 5.

die über zwei Fuß hohe Schneedecke verschwunden. Ohne den Chinook könnten die Viehzüchter jener Gegend ihre Tiere wahrscheinlich nicht durch den Winter bringen. Unter seinem Einflusse taut der Schnee nicht eigentlich auf, sondern verdunstet fast sofort, in kurzer Zeit hat der Wind die ganze Prärie völlig getrocknet. Das günstige Klima von Saskatschewan, gegenüber den östlichen Teilen Nordamerikas unter denselben Breitengraden, ist eine Folge der warmen Chinookwinde, ebenso ermöglicht die warme westliche Luftströmung, daß in Isle à la Crosse (56° nördl. Br.) Ende September die Kartoffeln noch grün sind, während sie in Manitoba schon nach Mitte August bisweilen dem Froste erliegen. Der Chinook mildert auch, indem er zur Winterszeit gewaltige Schneemassen wegfrißt, die Überschwemmungen der Flüsse im Frühjahre, so daß die Jahre, in denen er selten auftritt, starke Hochwasser im Frühlinge und schlechten Wasserstand zur Sommerszeit aufweisen. Da dieser Wind seine hohe Temperatur lediglich dem Herabsturze von der Höhe der Gebirge in die Tiefen der Täler und Prärien verdankt, so ist es nicht wunderbar, daß er erst auf der Ostseite des Felsengebirges als heißer, trockener Westwind auftritt. Noch im Jahre 1875 erschien es dem Professor Macoun, als er jene Gegenden besuchte, rätselhaft, warum dieser Wind nicht erst die Westseite des Gebirgslandes erwärme, da er doch von dort komme und ostwärts Wärme verbreite. Er meinte, dieser seltsame Wind müsse vom warmen mexikanischen Meerbusen stammen und in der Höhe abgelenkt worden sein. Die Erkenntnis, daß dieser Wind lediglich ein Fallwind ist und seine Erwärmung nur dem Herabsturze der Luft aus der Höhe verdankt, gibt ungezwungen die Lösung des Rätsels. Auch erklärt sich dadurch, daß in Kalifornien und Oregon der Chinook als Ost- und Südostwind auftritt, weil nämlich die Bergregionen, von denen er herabkommt, dort gegen Osten hin liegen. Der sonderbare Name Chinook, den die Bewohner jener Gegenden diesem Winde geben, bezeichnete ursprünglich einen Indianerstamm, von dessen Aufenthaltsorte her den ersten Ansiedlern der warme Wind entgegenwehte.

Luftelektrizität.

Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen elektrischen Entladung hat Professor H. Ebert im physikalischen Institute der Technischen Hochschule zu München Untersuchungen angestellt.[1])

Der Gedankengang ist folgender: „Sowohl aus den Untersuchungen von Zeleny, wie den diesen nahestehenden von Townsend über die Ionendiffusion und ebenso aus den Versuchen von Villari und Simpson geht hervor, daß elektrische Ladungen von einem ionisierten Gase abgegeben werden, wenn dieses aus Gebieten mit höherer Ionenkonzentration durch enge Kanäle oder

[1]) Physikalische Zeitschrift **5**. Nr. 5. p. 135.

Röhren in solche niederer Ionenkonzentration überströmt. Ist die Ionisierung normal, d. h. sind gleichviel + Ionen wie — Ionen in der Volumeneinheit enthalten, was zunächst wenigstens immer in der Nähe des ionisierenden Agens statthat, so wird negative Elektrizität abgegeben. Ist dadurch ein Überschuß an + Ionen eingetreten, so kann die ionisierte Luft aber auch positiv elektrisierend wirken, namentlich wenn durch Wiedervereinigung der Ionen die relative Zahl dieser übrigbleibenden + Ionen immer größer wird.

Nun haben die neuesten Untersuchungen von Elster und Geitel unzweifelhaft erwiesen, daß in dem Erdboden auch an Orten, wo dies früher nicht vermutet werden konnte, radioaktive Substanzen, namentlich Radium, in Spuren enthalten sind. Die von diesem dauernd ausgehende „Emanation" ist es, welche der Bodenluft die auffallend erhöhte Ionisierung erteilt, welche besonders in Kellern und Höhlen der Luft ein abnorm gesteigertes Leitvermögen verleiht. Dringt nun diese stark ionisierte Luft aus dem Erdboden heraus in die freie Atmosphäre, so muß sie bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben vorwiegend negative Ladungen abgeben; Luft mit einem Überschusse an positiven Ionen tritt aus dem Erdboden heraus und wird von hier aus durch Winde und aufsteigende Luftströme auch den höhern Schichten der Atmosphäre mitgeteilt. Hierdurch erklärt sich die negative Eigenladung der Erde, sowie der Überschuß an freien + Ionen in der Atmosphäre, namentlich in den untern Schichten derselben, welcher durch direkte Ionenzählungen in der natürlichen Luft nachgewiesen werden konnte. Damit erklärt sich aber auch die Erscheinung des permanenten Erdfeldes mit nach oben hin positivem Gefälle. Dieses wird nur gestört, wenn Niederschläge oder abnorme elektrische Verteilungen den geschilderten Verlauf vorübergehend überdecken.

Hiernach wird sich das normale Erdfeld namentlich dann und dort regenerieren, wann und wo starke Bodenerwärmungen oder barometrische Minima größere Mengen von Bodenluft den Erdkapillaren, Spalten, Hohlräumen im Gerölle oder Gesteine entsteigen lassen. Bei wachsendem Luftdrucke wird zwar ein Teil der äußern Luft wieder in den Erdboden hineingetrieben; diese ist aber sehr viel ionenärmer als die Bodenluft. Schon in mäßig großen, mit Bodenluft, die nicht einmal aus großen Tiefen genommen ist, erfüllten Räumen erhält man leicht Ionenmengen, welche die in den über dem Boden befindlichen Luftschichten enthaltenen um das Sechzigfache übertreffen. Die rückströmende Luft vermag also die Wirkung der aufsteigenden, viel ionenreichern Luft nur um geringe Beträge zu schwächen, wiewohl sie reicher an + Ionen ist; das Verhältnis von + Ladungen zu — Ladungen in der Atmosphäre übersteigt aber nur selten den Wert 1.2 bis 1.6. In dem Umstande, daß das ionisierende Agens unter dem Erdboden liegt, in der freien Atmosphäre über demselben aber bei weitem der Ionenverbrauch durch Wiedervereinigung den der Ionenerzeugung (soweit wenigstens die uns zugänglichen Luftschichten in Betracht kommen) überwiegt, liegt es begründet, daß der Elektrisierungsprozeß nicht umkehrbar ist bei wechselndem Luftdrucke. In dem dauernd strahlenden Radiumvorrate der Erdkruste liegt hiernach deren negative Ladung gegenüber der positiven Lufthülle von Anfang an begründet; der zur Trennung der Elektrizitäten und damit zur Herstellung des Erdfeldes dauernd benötigte Arbeitsaufwand wird aus dem ungeheuern Energievorrate der atmosphärischen Zirkulationen mit gedeckt, stammt also in letzter Instanz von der Sonne her.

Bei diesem Erklärungsversuche werden in natürlichster Weise die Erscheinungen des atmosphärischen Potentialgefälles in innigste Beziehungen zu denjenigen meteorologischen Faktoren gebracht, mit denen schon längst die Beobachtungen einen innern Zusammenhang ahnen ließen. Soviel ch sehe, ist dieser Zusammenhang tatsächlich ein solcher, daß er durch das hier vorgeschlagene Erklärungsprinzip unmittelbar verständlich wird. Freilich sind zur völligen Klärung der Verhältnisse noch weitere Studien nötig. Das eine möge schon jetzt hervorgehoben werden: Mehrfach ist bereits auf den eigentümlichen Parallelismus hingewiesen worden, der zwischen der täglichen

Periode des Luftdruckes und derjenigen der Luftelektrizität an demselben Beobachtungsorte besteht, und zwar sowohl für die einfache wie für die doppelte tägliche Periode. Dieser Zusammenhang mußte bei allen bisherigen Erklärungsversuchen unverständlich bleiben; jetzt werden beide Erscheinungen einfach als Ursache und Wirkung miteinander verknüpft. Freilich darf man nicht auf eine vollkommene zeitliche Koinzidenz der Maxima und Minima der beiden Wellen bzw. Doppelwellen rechnen. Es ist nicht zu vergessen, daß die Luft, wenn sie durch größern barometrischen Druck in die Erdkapillaren in reichlicherer Menge hineingepreßt wird, hier einen großen Widerstand zu überwinden hat. Ebenso wird beim Nachlassen des äußern Druckes das Zurückströmen der Luft namentlich aus den tiefern, emanationsreichern Schichten sich um mehrere Stunden verspäten können. Da es aber nach der hier vertretenen Auffassung auf die Strömungsgeschwindigkeit der ionisierten Luft durch die obern Schichten des Bodenmateriales ankommt, so müssen sich Phasendifferenzen zwischen Ursache und Wirkung, d. h. zwischen Luftdruckkurve und Potentialkurve, ergeben, die je nach den örtlichen Verhältnissen und der Jahreszeit verschiedene Beträge annehmen können. In der Literatur finden sich bereits zahlreiche Beispiele dafür.

Ein Körper, der wegen seines lockern Gefüges und wegen seiner von Wilson und Allen entdeckten andauernden, wenn auch schwachen Radioaktivität das geschilderte Phänomen in besonderm Maße unterstützen muß, ist der Schnee; er kann auch bei gefrorenem Boden selbst als wirksamer Ionisator auftreten; vielleicht erklären sich hieraus die verhältnismäßig hohen winterlichen Potentialwerte unserer Breiten. Natürlich werden andere meteorologische Faktoren modifizierend eingreifen, namentlich der Wasserdampfgehalt der Luft. Aber gerade die kondensierende Wirkung freier Ionen, und zwar das größere Kondensationsvermögen der negativen Gasionen gibt hier neue Gesichtspunkte an die Hand mit Rücksicht auf die durch ein reiches Beobachtungsmaterial gestützte Beziehung zum Dampfdrucke."

Die Frage ist nur, ob die Bodenluft wirklich imstande ist, die hier geforderten negativen Elektrisierungen hervorzurufen. Um dies zu entscheiden, hat Professor Ebert Versuche mit einem von ihm erdachten Apparate angestellt, welche durchaus zugunsten seiner Erklärung der fortgesetzten Regenerierung der negativen Erdelektrizität sprechen und auch in quantitativer Hinsicht als diese bestätigend anzusehen sind. Professor Ebert berechnet, daß bei uns die das elektrische Kraftfeld aufrecht erhaltende Ursache im Sommer pro Quadratmeter und Tag 39 elektrostatische Einheiten liefern muß. Nehmen wir, sagt er weiter, zunächst an, daß diese Elektrizität an der betreffenden Stelle selbst erzeugt würde dadurch, daß Bodenluft durch den betrachteten Quadratmeter der Erdoberfläche nach außen hindurchträte. Bodenluft, die im Sommer aus der verhältnismäßig geringen Tiefe von 1.4 m unter Rasen entnommen worden war, zeigte nach nur zweitägigem Stagnieren in einem Raume von 58 Litern einen Ionengehalt, der über 60 elektrostatische Einheiten Elektrizität für jedes Vorzeichen im Kubikmeter repräsentierte. Villari hat schon früher darauf hingewiesen, daß ionisierte Luft sehr rasch ihre Ladung abgibt, wenn sie durch lange und enge Röhren strömt, und namentlich dann, wenn die Röhren nicht gerade sind, sondern gewunden, so daß dieLuft oft an die Wände stößt. Deshalb läßt sich nur schwer ein Urteil darüber gewinnen, wie viele Ionen ein Kubikmeter Bodenluft im Erdboden selbst enthält. Noch viel weniger läßt sich abschätzen, welche Elektrizitätsmenge von derselben bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben abgegeben wird, denn dies hängt offenbar sehr von der Beschaffenheit der Bodenmaterialien selbst ab. Für die normale Erdelektrizität kommt nur der Überschuß an Elektrizität in Betracht, den die negativen Ionen gegenüber den positiven abgeben, welche letztere ja in der Überzahl in die freie Atmosphäre entweichen. Zum Vergleiche zieht Professor Ebert die in dieser, während des Sommers bei uns in der Nähe der Erdoberfläche angetroffenen Elektrizitätsmengen selbst in Betracht. Mit

Hilfe des von ihm konstruierten Aspirationsapparates lassen sich diese Mengen mit hinreichender Genauigkeit bestimmen. „Es ergeben sich im Mittel etwa 0.37 elektrostatische Einheiten negativer Elektrizität und 0.55 Einheiten positiver Ladung im Kubikmeter, d. h. ein Verhältnis beider von rund 1.5 und ein Überschuß an positiver Ladung von 0.18 Einheiten pro Kubikmeter. Eine große Zahl von Messungen weist darauf hin, daß allerorten die Bodenluft außerordentlich viel ionenreicher als die Luft der freien Atmosphäre darüber ist. Dies hängt damit zusammen, daß nach den neuesten Untersuchungen von Elster und Geitel die selbststrahlende Materie überall im Erdboden verteilt ist und gerade im verwitternden Gesteine besonders gut aufgeschlossen zu sein scheint. Hier wird die Luft, die dauernd der Becquerelstrahlung der aktiven Substanzen ausgesetzt ist, enorm hohe Ionenbeträge annehmen können, deren Ladungen freilich auf dem Wege bis zur Oberfläche (wenigstens was die negativen anbetrifft) zum allergrößten Teile an die Erde selbst wieder abgegeben werden. So kann man im Gebirge auf alten Schutthalden sehr hohe Beträge an Emanation erhalten und doch nur normale Ionenführung in der Atmosphäre antreffen. Solche Oberflächenpartien müssen daher besonders viel zur negativen Erdelektrisierung beitragen. Die 39 elektrostatischen Einheiten, die wir pro Tag und Quadratmeter zur Aufrechterhaltung des normalen Erdfeldes, wie oben berechnet, benötigen, können in diesen Gegenden von Bruchteilen eines Kubikmeters Bodenluft geliefert werden, wie sie aus dem Boden leicht heraustreten können, auch wenn der Barometerstand während eines Tages nur um einen Millimeter schwankt. Freilich wird nicht jedes Bodenmaterial für diesen Regenerierungsprozeß geeignet sein; wir werden auf der Erdoberfläche zwischen konsumierenden und zwischen produzierenden Partien zu unterscheiden haben. An den Berggipfeln und Graten wird infolge des hohen Potentialgefälles, welches viele + Ionen sammelt, die negative Erdelektrizität besonders intensiv neutralisiert werden; in den Tälern, Klüften, Spalten und Höhlen des Felsgesteines, in den Trümmerfeldern und Schutthalden mit ihren zahlreichen Hohlräumen haben wir die Stätten zu erblicken, von denen aus die negative Ladung besonders reichlich nachgeliefert wird, und + Elektrizität in die Atmosphäre übertritt.

Es ergibt sich also ein Zirkulationsprozeß, bei dem positive Ladungen in den Talpartien in das Luftmeer austreten, auf den Höhengebieten wieder in den Erdkörper eintreten. Es scheint, daß dieser Prozeß unter Umständen im Erdstrome seinen Ausdruck findet, wenn er als Zweigstrom zu dieser Zirkulation auftritt. In der Tat fließt der (positive) Erdstrom ja im allgemeinen vorwiegend von unten nach oben; daher auch der so häufig konstatierte Parallelismus zwischen Erdstrom und luftelektrischen Vorgängen.

Auch die Vegetation wird einen spezifischen Einfluß ausüben können. Hier bieten sich viele neue Fragen. Indessen zeigt schon dieser erste einfache Überschlag, daß auch in quantitativer Beziehung der genannte Diffusionsprozeß das Erdfeld dauernd aufrecht zu erhalten vermag."

Die tägliche Schwankung der Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre hat Albert Gockel an verschiedenen Punkten der Schweiz und Nordafrikas gemessen,[1]) wobei er sich eines Elster-Geitelschen Apparates bediente. Die Beobachtungen in Freiburg (Schweiz) ergaben: 1. Die tägliche Schwankung der Zerstreuung ändert sich nicht wesentlich im Laufe des Jahres; im Winter ist sie etwas geringer, der Gang bleibt aber derselbe. 2. Im Verlaufe des Tages zeigt sich eine doppelte Schwankung, die beiden Minima liegen vor Auf- und Untergang der Sonne, die beiden Maxima um 4^h und 10^h nachmittags;

[1]) Archives des sciences physiques et nat. 1904 [4] **17**. p. 93.

zwischen Mittag und 3^h nachmittags bemerkt man eine leichte Depression. 3. Das Abendminimum ist für die Zerstreuung positiver Ladungen sehr ausgesprochen, so daß das Verhältnis der positiven zur negativen sein Maximum bei Sonnenuntergang erreicht. In der Regel übersteigt es in der Ebene nicht sehr die Einheit.

Messungen auf dem Rothorne zeigten, daß die Zerstreuung ein Minimum mittags und zwei Maxima um 6^h vormittags und 6^h nachmittags besitzt; ähnliches hatte Saake in Arosa gefunden, während Le Cadet auf dem Montblanc eine ganz andere Kurve erhalten hat. In Zermatt begann die Zerstreuung, sowie die Sonnenstrahlen den Boden erreichten (gegen 9^h), zuzunehmen, sie blieb dann während des Tages stationär und sank schnell, nachdem die Sonne hinter den Bergen verschwunden war. In den Oasen war das Abendminimum sehr ausgesprochen, und auch in den Morgenstunden die Zerstreuung schwach, während sie im Laufe des Tages stationär war und an der tunesischen Küste keine tägliche Schwankung erkennen ließ. Diese Beobachtungen zeigen eine nahe Beziehung der Elektrizitätszerstreuung zum Gange der relativen Feuchtigkeit. Beim Maximum der relativen Feuchtigkeit, das am Morgen eintritt, zeigt sich das Minimum der Zerstreuung, und dem Minimum der relativen Feuchtigkeit entspricht das Maximum der Zerstreuung. Ausnahmen lassen sich durch eine gelegentliche Wahrnehmung Gockels erklären, nach welcher ein leichter, vom Boden aufsteigender Nebel eine Abnahme der positiven Zerstreuung bewirkte, indem er die Beweglichkeit der negativen Ionen verringerte. Die in der Nähe des Bodens sich abspielenden Vorgänge beeinflussen also die Leitfähigkeit der Luft sehr bedeutend und erzeugen das experimentell leicht nachweisbare Verhältnis zwischen Elektrizitätszerstreuung und Luftfeuchtigkeit, sowie den täglichen Gang beider. Dieser Einfluß reicht jedoch nicht bis zu den höchsten Stationen, wodurch die Beobachtungen Le Cadets auf dem Montblanc erklärt werden.

Die Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre ist von P. Czermak in Innsbruck während eines Zeitraumes von 16 Monaten bestimmt worden. [1]) Es ergab sich, daß sie einen deutlichen jährlichen Gang besitzt, indem im Winter die kleinsten Werte auftreten, zum Sommer hin zunehmen, dann längere Zeit gleich bleiben, im Herbste langsam abnehmen und bei Eintritt der Winterkälte und des Schnees auf ihr Minimum sinken. Ebenso deutlich ist der tägliche Gang mit einem auffälligen Minimum zwischen 11^h und 12^h und bei einem Maximum zwischen 3^h und 5^h. Bei Föhnwinden steigt die Zerstreuung an, am deutlichsten in den Wintermonaten; die größten Werte aber erreicht sie bei starker Kumulusbildung und Gewittern, also bei stärker

[1]) Denkschr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien **74**. p. 55.

aufsteigender Luftbewegung. Korrespondierende Beobachtungen in der Höhe ergaben die bekannte Zunahme der Zerstreuung mit starkem Überwiegen der negativen, sowie eine Verschiebung des mittägigen Minimums und nachmittägigen Maximums.

Das Spektrum des Nordlichtes. Prof. Paulsen hatte früher darauf hingewiesen, daß das Spektrum des Nordlichtes sehr ähnlich sei dem Spektrum des negativen Lichtes in einer mit sehr verdünntem Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd gefüllten Geißlerschen Röhre. Prof. Runge bemerkte später, daß diese Ähnlichkeit nicht groß sei, daß dagegen das Spektrum des Kryptons und des Nordlichtes sehr große Ähnlichkeit zeigen. Zum Beweise gab er eine Tabelle der Wellenlängen von Spektrallinien des Nordlichtes und solche des Kryptons, meinte aber, daß erst genauere Messungen des Nordlichtspektrums eine Entscheidung geben könnten. Unlängst hat nun Sykora einige Messungen der Wellenlängen von Linien des Nordlichtspektrums nach photographischen Aufnahmen auf Spitzbergen im Winter 1899 veröffentlicht,[1]) und E. C. Baley hat dieselben mit seinen Wellenlängenmessungen von Linien des Kryptonspektrums bei niedrigem Gasdrucke verglichen.[2]) Es ergab sich, daß dieses letztere mit dem Nordlichtspektrum die engste Übereinstimmung zeigt, so daß kaum noch zweifelhaft bleibt, daß im Nordlichtspektrum dasjenige des sehr verdünnten Kryptons erscheint.

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Die Intensität der durch die Sonne hervorgerufenen Beleuchtung wurde von Charles Fabry photometrisch bestimmt.[3]) Bezüglich der Beobachtungsmethoden muß auf das Original verwiesen werden. Die Messungen ergaben, daß die von der Sonne im Zenit bei mittlerer Entfernung von der Erde am Meeresniveau hervorgebrachte Beleuchtung 100 000 mal so groß ist wie die einer Dezimalkerze in 1 *m* Abstand. Wenn man nun annimmt, daß die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe eine gleichmäßige ist, so folgt daraus, daß 1 *qmm* der Sonnenscheibe normal eine Lichtintensität aussendet, welche nach der Absorption durch die Atmosphäre der von 1800 Kerzen gleicht. In Wirklichkeit aber ist der Rand weniger hell als die Mitte, so daß diese Zahl ein Minimum darstellt. Zum Vergleiche führt Verf. an, daß die Intensität des positiven Kraters im elektrischen Lichtbogen 150 bis 200 Kerzen pro Quadratmillimeter beträgt.

---

[1]) Acad. Sc. St. Petersbourg. Mém. XI. 9. 1.
[2]) Astrophysic. Journal **19**. Nr. 3.
[3]) Compt. rend. **137**. p. 973.

Über neue Refraktionstafeln machte Dr. L. de Ball Mitteilung. [1]) Die Berechnung der Korrektionen, welche zu der mittlern Refraktion hinzugefügt werden müssen, um die dem beobachteten Barometer- und Thermometerstande entsprechende Refraktion zu erhalten, ist bekanntlich ziemlich beschwerlich. Diese Schwierigkeit wird aber aus dem Wege geräumt und die Rechnung sehr leicht gemacht, wenn man nach den Vorschlägen von Dr. de Ball zunächst die dem beobachteten Barometer- und Thermometerstande entsprechende Dichtigkeit der Luft bestimmt. Denn da die für eine gegebene Zenitdistanz gültige Refraktion hauptsächlich von der Dichtigkeit der Luft abhängt, so kann man eine Tafel berechnen, aus der man mit den Argumenten Luftdichtigkeit und Zenitdistanz gleich die bis auf eine kleine Temperaturkorrektion richtige Refraktion entnehmen kann. Über diese Temperaturkorrektion, welche selbst bei 75° Zenitdistanz nur 0.3″ betragen und ohne Mühe aus einer Tafel entnommen werden kann, verbreitete sich der Verf. ebenfalls und gibt auch ein Beispiel dafür, wie sich die Berechnung der Refraktion nach den neuen Tafeln gestaltet.

Die Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre bildete den Gegenstand einer mathematisch-physikalischen Untersuchung von Dr. A. Bemporad. [2]) Der Verf. bemerkt einleitend:

„Ein mit der astronomischen Strahlenbrechung sehr verwandtes Problem ist das der Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre. Während wir aber von Kepler bis Radau eine große Zahl von Theorien der Refraktion verzeichnen können, fehlt es bis jetzt überhaupt an einer Theorie der Extinktion des Fixsternlichtes, welche mit ähnlicher Strenge und Vollständigkeit wie die erstern entwickelt ist. Dies kann überraschen, wenn man das immer mehr sich steigernde Interesse bedenkt, welches die photometrischen Beobachtungen seit Jahrzehnten genießen, und noch mehr, wenn wir die bis jetzt entwickelten Theorien der Extinktion mit den umfangreichen Beobachtungsarbeiten auf demselben Gebiete vergleichen. Eine oft wiederholte Meinung ist, daß man durch astronomische Refraktionsbeobachtungen Aufschluß über die Konstitution der Atmosphäre gewinnen könne. Es liegt nun nahe, daß man in dieser Beziehung noch mehr von der Extinktion erwarten kann, welche im Zusammenhange mit dem atmosphärischen Zustande unvergleichlich größere Veränderungen als die Refraktion erleidet. Die Möglichkeit, hierduch manches neue Resultat zu erhalten, ist u. a. durch des Verf. neuere Bearbeitung der Müllerschen Extink-

---

[1]) Circular von der Kuffnerschen Sternwarte 1904.

[2]) Mitteil. d. Großh. Sternwarte zu Heidelberg (Astronomisches Institut) 1904. IV.

tionsbeobachtungen (am Säntis) wahrscheinlich gemacht; daß wichtigere Ergebnisse aus jahrelangen Beobachtungen zu erwarten sind, ist keine zu gewagte Hoffnung. Zu einer genauen Bearbeitung solcher Beobachtungen ist aber eine physikalisch gut begründete Theorie der Extinktion des Lichtes unumgänglich. Einen Beitrag zu einer solchen in der für die Praxis bequemsten Form zu liefern, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit. Verf. betont, daß die hier vorgeschlagene Theorie nur als eine erste Annäherung der Auflösung eines sehr verwickelten Problemes anzusehen ist. Folgendes ist ein kurzer Überblick über den Inhalt der vorliegenden Untersuchung.

Im ersten Kapitel wird, von dem Bouguerschen Absorptionsgesetze ausgehend, das Problem der Extinktion in etwas allgemeinerer Form, als es bis jetzt üblich war, aufgestellt, ferner eine strengere Definition und Darstellung der wichtigen Funktion F (z) (die sogen. Weglänge der Lichtstrahlen) gegeben. Kapitel 2 gibt eine kritische Übersicht der bis jetzt entwickelten Theorien der Extinktion mit besonderer Erwähnung der Bouguerschen, Lambertschen und Laplaceschen Theorien und der Hausdorffschen Untersuchungen. Im dritten Kapitel werden die Hypothesen von Ivory und Schmidt über die Konstitution der Atmosphäre zu einer Reihe von Versuchsberechnungen angewandt. Nach den Ergebnissen der neuesten wissenschaftlichen Luftfahrten (Aßmann und Berson) gibt die Schmidtsche Hypothese einer gleichförmigen Abnahme der Temperatur mit der Höhe die beste Darstellung der beobachteten Werte der Temperatur. Letztere Hypothese wird daher in der hier entwickelten Theorie schließlich angenommen. Praktisch geben aber die Ivorysche und die Schmidtsche Hypothese genau dieselben Werte der Extinktion, während die Laplacesche Theorie bei $z = 87°$ um 0.1 Größenklasse von der strengen Berechnung abweicht. Auf Grund der durchgeführten Berechnungen werden nebenbei zwei Sätze über die Abhängigkeit der Extinktion von dem Temperaturgradienten mit der Höhe aufgestellt. Kapitel 4 enthält die eigentliche, hier vorgeschlagene Theorie, d. h. die analytische Entwicklung der Funktion F (z). Im fünften Kapitel wird endlich der Einfluß der geographischen Lage des Beobachtungsortes, ferner der Temperatur- und Druckschwankungen auf die Extinktion untersucht. Zum Schlusse sind verschiedene Tafeln beigegeben, worunter die Tafeln I bis XXIV zur Berechnung der Extinktion dienen, während die folgenden Integraltafeln die Werte von verschiedenen hier vorkommenden Integralen wiedergeben.

Die vom Verf. gegebene Tafel der mittlern Extinktion folgt hier. Es ist dabei der Transmissionskoeffizient = 0.835 (nach Müller) angenommen, und übrigens gelten die Angaben für 0° Temperatur und 760 *mm* Barometerstand im Meeresniveau; z bezeichnet die Zenitdistanz und E die Extinktion des Sternenlichtes in Größenklassen.

Mittlere Extinktion (bei 0° und 760 *mm* am Meeresniveau).

z	E	z	E	z	E	z	E
0	m	0	m	0	m	0	m
0	0.000	73	0.468	82.6	1.251	85.8	2.149
5	0.001	74	0.507	82.7	1.269	85.9	2.194
10	0.003	75	0.551	82.8	1.287	86.0	2.240
15	0.007	76	0.602	82.9	1.306	86.1	2.288
20	0.013	77	0.660	83.0	1.325	86.2	2.338
25	0.020	78	0.728	83.1	1.345	86.3	2.389
30	0.030	79	0.807	83.2	1.365	86.4	2.443
35	0.043	80.0	0.901	83.3	1.386	86.5	2.499
40	0.060	80.1	0.911	83.4	1.407	86 6	2.557
45	0.081	80.2	0.922	83.5	1.429	86.7	2.617
50	0.108	80.3	0.933	83.6	1.451	86.8	2.680
51	0.115	80.4	0.943	83.7	1.474	86.9	2.745
52	0.122	80.5	0.954	83.8	1.498	87.0	2.813
53	0.129	80.6	0.966	83.9	1.522	87.1	2.884
54	0.137	80.7	0.977	84.0	1.547	87.2	2.957
55	0.145	80.8	0.989	84.1	1.573	87.3	3.033
56	0.153	80.9	1.001	84.2	1.599	87.4	3.113
57	0.163	81.0	1.014	84.3	1.636	87.5	3.197
58	0.173	81.1	1.026	84.4	1.654	87.6	3.284
59	0.183	81.2	1.039	84.5	1.683	87.7	3.376
60	0.195	81.3	1.052	84.6	1.712	87.8	3.472
61	0.207	81.4	1.066	84.7	1.743	87.9	3.573
62	0.220	81.5	1.079	84.8	1.774	88.0	3.678
63	0.234	81.6	1.093	84.9	1.806	88.1	3.788
64	0.249	81.7	1.107	85.0	1.839	88.2	3.904
65	0.266	81.8	1.122	85.1	1.874	88.3	4.026
66	0.283	81.9	1.137	85.2	1.909	88.4	4.154
67	0.303	82.0	1.152	85.3	1.946	88.5	4.289
68	0.324	82.1	1.168	85.4	1.984	88.6	4.431
69	0.347	82.2	1.184	85.5	2.024	88.7	4.581
70	0.373	82.3	1.200	85.6	2.065	88 8	4.739
71	0.401	82.4	1.217	85.7	2.106	88.9	4.906
72	0.432	82.5	1.234	85.8	2.149	89.0	5.082
73	0.468	82.6	1.251				

Es ergibt sich hieraus, daß die Extinktion in der Erdatmosphäre die Helligkeit eines Sternes vom Zenit bis zu 1° über dem Horizonte um volle fünf Größenklassen vermindert.

Das Wiedersichtbarwerden des Bishopschen Ringes im Jahre 1903 ist von F. A. Forel konstatiert worden, [1] und A. Wolf in Heidelberg hat es bestätigt. [2] Offenbar wurde die Erscheinung durch Lichtbeugung an feinem bis in die höchsten Regionen der Atmosphäre geschleuderten Staube (Asche der westindischen Vulkanausbrüche des Mai 1902) verursacht. In Heidelberg konnte der Ring das ganze Jahr über gut gesehen werden. Der Radius der hellen Scheibe

[1] Compt. rend. 138. p. 688.
[2] Sirius 37. p. 203.

um die Sonne (innerer Rand des braunen Ringes) betrug am Anfange des Jahres 12.5°, Ende August 10°. Der Durchmesser der hellen Scheibe um den Mond wurde im Februar durch Anschluß an Sterne zu 18.6° bestimmt. Die vulkanischen Dämmerungserscheinungen, bemerkt Prof. Wolf, traten wie im Vorjahre wieder periodisch auf, so daß wohl kein Zweifel mehr besteht, daß der Staub sich in einzelnen großen Wolken um die Erde bewegt. Nachdem das ganze Frühjahr hindurch kaum auffallende Dämmerungserscheinungen aufgetreten waren, entwickelten sie sich ganz plötzlich um den 3. August 1903 zu großer Pracht. Nach einer kürzern Pause traten sie Ende August und Anfang September wieder in noch nie gesehener Schönheit und Intensität auf, prächtiger als 1884. Besonders am 30. und 31. August und am 1. September, und zwar ebensowohl abends als morgens, war das Phänomen unbeschreiblich großartig, und es konnten mehrere vollständige Beobachtungsreihen erhalten werden. Darnach nahm die Intensität der Erscheinungen rasch ab, und sie verschwanden gegen den 8. September. Am 23. September begann abermals eine aber viel schwächere Periode für wenige Tage. Die nächsten Perioden gruppierten sich um den 6. und 7. Oktober, dann um den 19. und 20. Oktober und zuletzt um den 9. November. Seither wurde keine vulkanische Dämmerung mehr beobachtet.

Klimatologisches und Wetterprognosen.

Die Klimatographie von Österreich. Auf Anordnung der k. k. Regierung wird in einem monumentalen Werke auf Grund 50jähriger Beobachtungsergebnisse eine eingehende Darstellung des Klimas der verschiedenartigen Teile Österreichs, d. h. der im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder, erscheinen. Es wird dabei zunächst in Monographien das Klima der einzelnen Länder behandelt und in einem Schlußbande später eine zusammenfassende Übersicht der klimatischen Verhältnisse von ganz Österreich gegeben werden. Von den Monographien ist die erste „Klimatographie von Niederösterreich“ von J. Hann jetzt erschienen.[1] Der Altmeister der Klimatologie gibt darin eine vorbildliche Behandlung des Stoffes, wobei er indessen betont, daß über manche klimatologische Erscheinungen noch keine genügenden Beobachtungen vorliegen. Aus dem Überblicke über das Klima von Niederösterreich, den Verf. dem speziellen Teile voraufschickte, sei folgendes hervorgehoben:

„In bezug auf seine Wärmeverhältnisse liegt Niederösterreich im Gebiete der Jahresisotherme von 10° (im Meeresniveau oder ca. 9° im Niveau von 200 *m*), der Januarisothermen von 1— bis — 2°, und der Juliisothermen von 20 bis 21° (im Meeresniveau; auf je 200 *m* Zunahme der Seehöhe kann man rund 1° Abnahme der Temperatur annehmen); die mittlere Jahresschwankung der Wärme

[1] Wien 1904. In Kommission bei W. Braumüller.

ist in den niedrigern Lagen 20 bis 21° abnehmend mit der Seehöhe, die mittlern Jahresextreme der Temperatur aber liegen 40 bis 50° auseinander (in den wärmern Teilen ist die durchschnittliche größte Kälte im Jahre etwa — 14°, in den kältesten — 20°, die durchschnittlichen höchsten Grade der Sommerwärme aber liegen zwischen 33 bis 29°; die größten Wärmegrade sind stets gleichmäßiger verteilt als die größten Winterkältegrade). In den kältesten (noch bewohnten) Teilen Niederösterreichs kommen Temperaturminima selbst unter — 30° (wenn auch selten) vor, so im nördlichen Teile des Waldviertels und in einigen besonders kalten Alpentälern in größerer Höhenlage. Die höchsten Wärmegrade überschreiten (auch selten) 36°.

Die Temperaturschwankungen innerhalb eines Monates sind (leicht begreiflicherweise) zumeist im März am größten, wo sie 20 bis 25°, in einigen extremen Alpentälern selbst 30° erreichen können. Im allgemeinen halten sich die Temperaturextreme eines Monates innerhalb 20 bis 22°.

Die mittlere tägliche Wärmeänderung beträgt in Wien im Jahresmittel 7.2, im Dezember 4.2, im Juli und August 9.1°. Temperaturänderungen von 15° kommen recht selten vor, doch sind auch solche von 20° schon eingetreten. In einigen Alpentälern von 900 bis 1000 *m* Seehöhe (Lahnsattel, Neuhaus am Zellerrain) kommen auch im Winter sehr große mittlere Tagesschwankungen der Temperatur vor. Plötzlich eintretendes Tauwetter im Winter nach großer Kälte oder nach sehr heißen Nachmittagen rasch hereinbrechende Sturmgewitter bringen die größten Temperaturänderungen im Laufe eines Tages. Die sommerlichen Abkühlungen werden viel empfindlicher gefühlt als die gelegentlichen winterlichen raschen Erwärmungen, infolge der leichtern Bekleidung und der größern Empfindlichkeit der Haut zur warmen Zeit.

Ein wichtiges klimatisches Element ist auch die Veränderlichkeit der Temperatur von einem Tage zum nächsten, ausgedrückt durch die Differenz der sich folgenden Tagesmittel der Temperatur.

In Wien speziell gibt es im Sommer (Mai bis August) viel häufiger starke Abkühlungen als Erwärmungen. Tage mit einer Änderung der Mitteltemperatur von 4 bis 8° und 8 bis 10° und darüber: Erwärmungen 4.1 und 0.0, Summe 4.1, Erkaltungen 8.1 und 0.7, Summe 8.8. In den Monaten Mai bis August kommen also durchschnittlich etwa neun Tage jährlich vor mit einer Abkühlung von 4 bis 10°. Änderungen der Tagesmittel der Temperatur über 10° (von einem Tage zum nächsten) haben im Jahre: Wien an 1.1, Gutenstein an 0.4, Reichenau an 1.9, Schneeberg in 1400 *m* an 3.2, Rorregg an 0.6, Grußbach an 1.4, Liebenau an 1.2 Tagen.

Um eine richtige Vorstellung von den Wärmeverhältnissen eines Landes zu gewinnen, muß man neben den mittlern Temperaturen der Monate und der Jahreszeiten auch die Grenzen kennen, innerhalb welcher sich diese Temperaturen während eines größern Zeitraumes gehalten haben. Um in diesem Sinne für Niederösterreich den Wechsel der Temperaturverhältnisse nicht bloß im allgemeinen beurteilen zu können, sondern auch die milden und strengen Winter, die heißen und kühlen Frühlings- und Sommermonate usw. speziell nach ihren Wärmegraden kennen zu lernen, hat Verf. eine Tabelle der Abweichungen der einzelnen Monats- und Jahrestemperaturen von dem fünfzigjährigen Mittel 1851/1900 für Wien beigegeben. Diese Abweichungen dürfen mit nicht zu großen Fehlern für Niederösterreich überhaupt als gültig angesehen werden.

Die Luftfeuchtigkeit ist im ganzen Lande ziemlich gleichmäßig hoch, nur im Frühjahre bei anhaltenden Ostwinden tritt zuweilen eine größere relative Trockenheit ein, mehr vorübergehend auch im Hochsommer und Herbste. Auch die Bewölkung zeigt relativ geringe Unterschiede und schwankt in den Monatsmitteln zwischen 70 und 80% der Himmelsfläche von November bis Januar und 45 bis 50% im August und September.

Eins der wichtigsten klimatischen Elemente, die Verteilung der Niederschlagsmengen, wird durch eine Regenkarte von Niederösterreich illustriert,

welche die Linien gleicher Niederschlagsmengen (Isohyeten) in Zentimetern enthält. Zur Herstellung dieser Karte mußten die von dem k. k. hydrographischen Zentralbureau publizierten Ergebnisse der Regenmessungen (größtenteils 1896 bis 1900) herbeigezogen werden, ohne welche die Herstellung einer Regenkarte nicht tunlich gewesen wäre. Die Jahressummen wurden sämtlich auf die zwanzigjährige Periode 1881 bis 1900 reduziert.

Die größten Tages- und Stundensummen des Niederschlages erreichen in Niederösterreich beträchtliche Höhen. Die größten Tagesmengen fallen fast stets bei Landregen, während die größten Stundenmengen (und Mengen pro Minute namentlich) bei kurzen Platzregen oder Gewitterregen fallen.

In Wien selbst waren die größten Tagesmengen: 97.3 *mm* vom 28. bis 29. Juli 1882; 15. bis 16. Mai 1885 139.3 *mm*; 20. bis 21. Juni 1886 109.7 *mm*, sämtlich als Landregen bei Weststurm, unter dem Einflusse eines Barometerminimums über der Adria, das nach Ungarn heraufzieht. Vom 15. bis 16. Mai 1885 fielen in 24 Stunden 22%, also fast ein Viertel der normalen jährlichen Niederschlagsmenge! Die Stationen des Wienerwaldes haben noch größere Tagesmengen aufzuweisen. Zum Beispiel Hadersdorf am 12. Mai 1881 über 175 *mm* Regen und Schnee (Regenmesser vielleicht übergelaufen), 20. Juni 1886 114 *mm*. 29. Juli 1897 188 *mm* Zu erwähnen wäre noch der Schneesturm vom 3. November 1878, der 97 *mm* Wasser lieferte. Der 29. Juli 1897 lieferte große Tagesmaxima: Tullnerbach 182 *mm*, Prebrunn und Preßbaum 156 und und 154 *mm*, St. Corona an der Triesting 166 *mm*, Rohr im Gebirge 157 *mm*, Schwarzenbach an der Pielach 163 *mm*, Frankenfels an der Pielach 193 *mm*. Die Maxima bei der Regenzeit und Hochwasserperiode in der ersten Hälfte des September 1899 waren: Am 12. September fielen zu Lackenhof 218 *mm*, Gaming 217 *mm*, Frankenfels 136 *mm*, St. Corona an der Triesting 106 *mm*. Dagegen überschritten die Tagesmaxima der Gebirgsstationen nicht 100 *mm*: Gutenstein 1873/1900 absolutes Maximum 78 *mm*, 22. Juni 1874; Reichenau 1877/1900, 98 *mm* am 28. Juni 1882; Schwarzau im Gebirge 1882/1900, 98 *mm* am 12. September 1899; Lahnsattel (mit 157 *cm* Jahresmenge) Maximum der Periode 1886/1898, 103 *mm* am 29. Juli 1897 (Monatssumme 416 *mm*), d. i. nur 6.6% der Jahresmenge.

Die größten Stundenmengen können in Niederösterreich 60 *mm* zuweilen überschreiten. Da diese Mengen fast nur den Registrierungen des Regenfalles entnommen werden können, so beziehen sie sich zumeist auf die letzten Jahre.

Der Gewitterregen vom 1. August 1896 lieferte zu Mariabrunn von $1^h\,45'$ bis $2^h\,45'$ 61.3 (im ganzen 80 *mm*), in der Hinterbrühl fielen 34.2 *mm* in 24', Laarberg hatte 82 *mm* von 2 bis 3^h (etwas fraglich). Einige der größten Regenmengen in kurzer Zeit in Wien selbst sind: Am 3. Juli 1891 fielen in 1 Stunde 30 *mm*, und davon 10 *mm* in sechs Minuten; der Hagelfall am 7. Juni 1894 lieferte in 20 Minuten in Mariabrunn 37.4 *mm*, am Westbahnhof 36, und 37.3 *mm* auf der Schmelz in 15 Minuten. Am 3. Juli 1895 lieferte ein Gewitterregen auf der Hohen Warte 26.5 *mm* in 20 Minuten, davon 20.0 *mm* in 12 Minuten. Regenmengen von ca. 2 *mm* pro Minute gehören zu den größten, die für Niederösterreich bisher nachgewiesen worden sind.

Das Maximum der Häufigkeit der Gewittertage fällt auf den Juli, im Winterhalbjahre sind Gewitter sehr selten, am seltensten in den Alpentälern.

Auch die Häufigkeit der Gewittertage unterliegt großen Schwankungen. In Wien waren die extremen Zahlen 30 1868 und 31 1892, dann 10 1859, 1869, 1880. Der August 1890 hatte zwölf Gewittertage, der Juni 1853 deren acht.

Im allgemeinen hat ganz Niederösterreich sehr gleichförmige Windverhältnisse, überall überwiegen die Westwinde weitaus zu allen Jahreszeiten (ganz lokale Eigentümlichkeiten in Tälern natürlich beiseite gelassen); überall werden die Nordwinde im Frühjahre häufiger und die Ostwinde im Frühlinge und Herbste. Im Sommer erreichen die West- und Nordwestwinde eine noch größere Häufigkeit als in den andern Jahreszeiten. Die häufigsten Südwinde haben der Oktober und November.

Die Witterungsverhältnisse auf Island und deren Beziehungen zu den gleichzeitigen Witterungsanomalien in Nordwesteuropa. Prof. J. Hann hat hierüber eine wichtige Untersuchung der Wiener Akademie vorgelegt.[1]) Die Grundlagen derselben bilden die Monats- und Jahresmittel der Temperatur und des Luftdruckes (1846 bis 1900) sowie die Niederschlagsmengen (1857 bis 1900) von Stykkisholm auf Island, welche der Verfasser zusammengestellt und dann dazu benutzt hat, die Abweichungen der einzelnen Monatswerte dieser meteorologischen Elemente von deren 50 jährigen Mittelwerten festzustellen. Diesen Abweichungen werden dann geg nübergestellt die Abweichungen der Temperatur zu Greenwich, Brüssel und Wien aus der gleichen Periode, ferner die Abweichungen des Luftdruckes und des Regenfalles zu Brüssel und des Luftdruckes zu Wien, zum Teile nur für die Wintermonate.

Die allgemeinsten Ergebnisse sind: Erstlich für die drei Wintermonate. Die Luftdruckabweichungen in Nordwest- und Mitteleuropa sind in 70% der Fälle den gleichzeitigen Abweichungen zu Stykkisholm dem Sinne nach entgegengesetzt. Für die Temperatur ist aber die Wahrscheinlichkeit eines Gegensatzes bloß 0.56, für die Niederschlagsmenge zu Brüssel 0.68.

Viel entschiedener ist die Beziehung zwischen den Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm und den gleichzeitigen Temperaturanomalien in Nordwest- und Mitteleuropa.

Ist die Luftdruckabweichung eines Monates zu Stykkisholm negativ (Luftdruck unter dem 50 jährigen Mittel), so ist die Wahrscheinlichkeit einer gleichzeitigen positiven Temperaturabweichung in Nordwest- und Mitteleuropa 0.82 und umgekehrt, wenn die Luftdruckabweichung positiv, so ist die Wahrscheinlichkeit einer negativen Temperaturabweichung daselbst 0.73.

Eine Vertiefung des stationären Luftdruckminimums bei Island bedingt eine Erhöhung der Wintertemperatur von Nordwest- und Mitteleuropa, umgekehrt eine Abschwächung desselben eine Temperaturerniedrigung.

Zweitens: Die Untersuchung wird auf alle größern Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm ausgedehnt. Das Ergebnis ist das gleiche. In kürzester Form ist dasselbe in der folgenden kleinen Tabelle enthalten:

	Zahl der Fälle	Mittlere Abweichung: Luftdruck Stykkisholm	Mittlere Abweichung: Temperatur Greenwich und Brüssel	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens der Temperaturabweichung
Winterhalbjahr . . .	67	+ 8.6 *mm*	— 1.5°	0.81
Sommerhalbjahr . . .	55	+ 3.8 „	— 0.5°	0.65
Winterhalbjahr	72	— 7.7 „	+ 1.4°	0.90
Sommerhalbjahr . . .	50	— 5.0 „	+ 0.7°	0.76

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. Nr. 1.

Im Winterhalbjahre bedingt jede größere Luftdruckabweichung bei Island mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.86 eine Temperaturabweichung im entgegengesetzten Sinne in Nordwesteuropa, im Sommerhalbjahre nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.70.

Drittens: Es werden die drei größten Temperaturabweichungen jedes Monates und des Jahres zu Greenwich 1851 bis 1900 den gleichzeitigen Luftdruckabweichungen auf Island gegenübergestellt. Das Ergebnis von 83 Fällen ist folgendes:

Temperaturabweichung zu Greenwich (Mittel)	Luftdruckabweichung zu Stykkisholm (Mittel)	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens der Luftdruckabweichung
+ 2.7°	— 3.0 *mm*	0.83
— 2.8	+ 4.7 „	0.85

In 84% der Fälle treten demnach die größern Temperaturabweichungen zu Greenwich gleichzeitig ein mit größern Luftdruckabweichungen von entgegengesetzten Vorzeichen zu Stykkisholm.

Der Verfasser geht dann etwas näher auf spezielle Fälle ein und hebt hervor, daß wohl Buchanan der erste war, der auf die hier spezieller nachgewiesenen Beziehungen aufmerksam gemacht hat. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sind ein strenger Beweis dafür, daß das milde Klima von Nordwest-, ja auch noch von Mitteleuropa in erster Linie von dem Luftdruckminimum bei Island abhängig ist.

Der Verfasser untersucht dann ferner die Beziehungen zwischen den gleichzeitigen Luftdruckanomalien zu Ponta Delgada auf den Azoren und jenen zu Stykkisholm, also die Beziehungen zwischen den beiden atlantischen „Aktionszentren der Atmosphäre", wie Teisserenc de Bort das Barometermaximum bei den Azoren und das Barometerminimum bei Island genannt hat.

Die Untersuchung wurde ähnlich wie oben geführt.

Erstes Ergebnis in kürzester Form in Gesamtmitteln:

Zahl der Fälle	Mittlere Luftdruckabweichung zu Ponta Delgada	Mittlere Luftdruckabweichung zu Stykkisholm	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens dieser Abweichung
42	+ 4.5 *mm*	— 2.4 *mm*	0.71
41	— 5.1 „	+ 4.4 „	0.83

Es ist demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.77 auf einen Gegensatz in den gleichzeitigen größern Luftdruckabweichungen bei den Azoren und bei Island zu schließen. Graphische Darstellungen der Luftdruckabweichungen von zehn Jahren haben Hildebrandsson schon früher (1897) in allgemeinen Umrissen darauf schließen lassen. Ein numerischer Nachweis wurde nicht gegeben. — Nun wird die Fragestellung wieder umgekehrt. Welche Luftdruckabweichungen zu Ponta Delgada begleiten die größten positiven und negativen Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm? Das Ergebnis einer größern bezüglichen Tabelle ist, daß in 80% der Fälle den größten positiven Druckabweichungen zu Stykkisholm negative Luftdruckabwei-

chungen zu Ponta Delgada entsprechen und den größten negativen Druckabweichungen zu Stykkisholm in 87% der Fälle positive Abweichungen zu Ponta Delgada. Man wird demnach behaupten dürfen, daß die beiden atlantischen Aktionszentren der Atmosphäre in einer gewissen Wechselbeziehung stehen.

Ist der Luftdruck bei den Azoren höher als im Mittel, und gleichzeitig der Druck bei Island niedriger, wie dies in 70 bis 80% der Fälle stattfindet, so wird das normale Luftdruckgefälle über dem Atlantischen Ozeane verstärkt, die atmosphärische Maschine arbeitet dann intensiver, die klimatische Begünstigung von Europa erfährt dabei eine Steigerung. Umgekehrt im entgegengesetzten Falle. Das mittlere Druckgefälle von den Azoren nach Island ist im Dezember 14.7 mm, im Januar 18.3, Februar 14.3, März 9.8. Einige Fälle größter Steigerung desselben folgen zugleich mit den entsprechenden Temperaturanomalien in Nordwest- und Mitteleuropa.

	Dezember 1891	Januar 1890	Februar 1868	Februar 1883	März 1868	März 1882
Stykkisholm . . .	740.8	736.8	741.7	738.8	744.3	744.3
Ponta Delgada . .	769-9	768.0	771.9	767.8	771.9	772.1
Differenz	29.1	31.2	30.2	29.0	27.6	27.8
	Temperaturabweichung zu:					
Greenwich . . .	+0.1	+2.4	+1.9	+1.9	+1.4	+2.9
Brüssel	+0.1	+3.4	+2.3	+2.4	+1.7	+2.9
Wien	+1.2	+2.9	+3.6	+1.4	+0.6	+5.0

Diese Tabelle bestätigt das oben Gesagte.

Die Fälle, wo der Luftdruck bei den Azoren ungewöhnlich hoch und gleichzeitig bei Island ungewöhnlich tief ist, sind besonders interessant, weil sie nicht als eine bloße Verlagerung des subtropischen Hochdruckgürtels aufgefaßt werden können, sondern nur als Folge einer gesteigerten Intensität der atmosphärischen Zirkulation. Wenn der NO-Passat kräftiger weht als durchschnittlich, wird er das Druckmaximum zu seiner Rechten stärker aufstauen. Dadurch wird aber auch der große Wirbel im nordatlantischen Ozeane verstärkt, und in seinem Zentrum bei Island das Luftdruckminimum vertieft. So können die oben nachgewiesenen entgegengesetzten Luftdruckanomalien bei den Azoren und bei Island wie Ursache und Wirkung verknüpft sein.

Der letzte Abschnitt der Abhandlung beschäftigt sich eingehender mit der Meteorologie von Stykkisholm, welche wegen der Lage dises Ortes nahe dem Zentrum des großen Luftwirbels besonderes Interesse beanspruchen kann. Im Anschlusse daran werden auch die Temperaturverhältnisse der neuen dänischen Station zu Angmagsalik an der Ostküste von Grönland, Stykkisholm nahezu gegenüber, erörtert. Die siebenjährigen Temperaturaufzeichnungen (1895 bis 1901) werden auf die lange Reihe von Stykkisholm reduziert. Letzterer Ort hat den warmen Irminger Strom zur Seite, Angmagsalik aber den eisführenden Polarstrom. Die mittlere Temperaturdifferenz erreicht deshalb im Februar 8.1° und beträgt noch im Jahresmittel 5.3°. Das

Temperaturgefälle pro Grad (111 *km*) ist im Winter 1.1° und noch im Jahresmittel 0.9°, wohl eines der größten Temperaturgefälle über eine freie Meeresfläche hin. Zwischen Stykkisholm und der Küste von Norwegen in gleicher Breite auf einen Abstand von 35 Längengraden ist die Temperaturdifferenz im Februar bloß 1.3°, hier auf 14½ Grade 8.1°. Die mittlern Temperaturen (1851 bis 1900) von Angmagsalik 65° 37′ N sind Februar — 10.8, Juli 5.4, Jahr — 2.6, dagegen: Stykkisholm 65° 4′ Februar — 2.7, Juli 9.7, Jahr 2.8. Zwei theoretisch sehr interessante Fälle von NW-Föhn zu Angmagsalik, aus dem Innern Grönlands herauswehend, werden näher beschrieben.

Ein neues System allgemeiner Luftdruckprognosen auf längere Zeit für den Nordatlantischen Ozean ist von Prof. Herrmann ausgearbeitet und praktisch verwertet worden, das, wenn es sich bewährt, dem Seefahrer ganz andere Chancen bieten würde als die fehlsamen Eintagsprognosen der jetzigen staatlichen Zentralstellen. Daß die Seefahrer auf diese letztern kein Gewicht legen, und die großen Ozeandampfer zur festgesetzten Zeit ausfahren, gleichgültig, ob ein Sturmwarnungssignal steht oder nicht, ist bekannt. Selbst wenn diese Eintagsprognosen stets richtig wären, würden sie für die auf See befindlichen Schiffe doch nutzlos sein und auch dann noch wenig Wert haben, wenn jedes Schiff mit Apparaten für drahtlose Telegraphie ausgerüstet wäre. „Unsere gefährlichsten außertropischen Stürme," sagte Prof. Herrmann kürzlich in einem Vortrage im Nautischen Vereine zu Hamburg, [1]) „erstrecken sich meist auf ein so ausgedehntes Gebiet und haben eine so schnelle Verbreitung, daß es dem Schiffe nur in den seltensten Fällen gelingen würde, dem Bereiche eines Sturmes zu entgehen, wenn es von dem Auftreten eines solchen auf seinem Wege für den nächsten Tag benachrichtigt würde. Dazu kommt, daß die Eigenartigkeit der außertropischen Stürme in sehr vielen Fällen es keineswegs notwendig macht, oder es als die Gefahr verringernd anraten läßt, wie bei den tropischen Wirbelstürmen, einem Wirbelzentrum auszuweichen.

An einen andern unmittelbaren Nutzen einer Prognose allein für den folgenden Tag für das unterwegs befindliche Schiff als den der Möglichkeit, einer augenblicklich drohenden Gefahr zu entgehen, kann wohl nicht gedacht werden. Nur insofern, als mit dieser Prognose eine Charaktersitik der allgemeinen Wetterlage verbunden wäre, würde für die Fälle, in denen erfahrungsgemäß ein etwas längerer Bestand gewisser Windverhältnisse vorauszusehen ist, der Schiffsführer, insbesondere eines Segelschiffes, bei der weitern Wahl seines Weges zeitweise sich bestimmen lassen können."

Eine Prognose auf längere Zeit hinaus ist aber nach der gegenwärtigen Auffassung der atmosphärischen Vorgänge und auch in bezug auf die Wettergestaltung auf dem Festlande unmöglich. Anders verhält es sich nach den Untersuchungen von Prof. Herrmann für

[1]) Als Broschüre erschienen bei Eckhard & Meßdorff in Hamburg.

den Ozean, wenn es hauptsächlich auf die Art und Weise der Luftdruckverteilung, d. h. auf die Windverhältnisse, abgesehen wird. Er verwirft die Vorstellung von regelmäßigen, kreisförmigen Wirbeln und Zyklonen in unsern Breiten und sagt geradezu, wenn man ein System kreisförmiger Isobaren bei der Darstellung von Wettervorgängen finde, könne man mit Sicherheit annehmen, daß dies den Tatsachen nicht entspreche, und dies System sich anders gestalten würde, wenn zahlreichere und besser verteilte Beobachtungen vorlägen. Die Auffassung jener Erscheinungen als Wirbel habe in mehrfachen mathematischen Entwicklungen anscheinend eine Stütze gefunden. Gegen diese mathematischen Ableitungen könne im allgemeinen weniger der Einwand gemacht werden, daß sie in ihren Bedingungen der Wirklichkeit nicht entsprechende Einschränkungen aufstellten. Solche Einschränkungen seien bei der mathematischen Ableitung physikalischer Erscheinungen, zu denen natürlich auch die Vorgänge des Luftmeeres gehören, meist nötig, um ihre Durchführung überhaupt zu ermöglichen. Hauptsächlich aber seien diese Ableitungen deshalb anfechtbar, weil bei ihnen das ungeheuere Verhältnis der horizontalen Ausdehnung jener vermeintlichen Luftwirbel zu ihrer Höhe nicht berücksichtigt wurde. Sie mögen Geltung haben für die nächste Umgebung des Luftdruckminimums, nimmermehr aber für die großen mächtigen Erscheinungen unserer Atmosphäre. Wie verschwindend seien doch die wenigen Meilen der Höhe selbst der gesamten Atmosphäre zu der ungeheuern horizontalen Ausdehnung der ganze Ozeane und Kontinente umfassenden Phänomene. Keineswegs sei auch bisher durch die Beobachtungen der höchsten Luftschichten, sei es durch den Zug der Cirruswolken, sei es durch Ballonfahrten und Drachenaufstiege das Vorhandensein der von der Theorie daselbst geforderten Luftbewegungen nachgewiesen.

Prof. Herrmann hat sich früher selbst mit Aufstellung von Wetterprognosen an der Deutschen Seewarte beschäftigt, er erklärt aber offen und ehrlich, daß er das Unzulängliche dieser Verfahrungsweise empfunden habe. Erst als er von dieser Technik, die wohl eigentlich von der Hand in den Mund lebt, sich frei gemacht und das Studium synoptischer Wetterkarten, die sich von den Felsengebirgen Nordamerikas bis zum Ural erstreckten, betrieben, hätten sich ihm neue Gesichtspunkte eröffnet. Es ist ja auch naheliegend, anzunehmen, daß der wirkliche Zusammenhang dieser Erscheinungen erst auf einem solchen weitern Gebiete in die Erscheinung treten wird, wenn er sich überhaupt deutlich erkennbar macht. Bei seinen Untersuchungen hat Prof. Herrmann nur das einzige auf diesem Felde ausnahmslos gültige Gesetz in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen, das barische Windgesetz, welches die Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Wind ausdrückt. „Das erste,“ sagt er, „was nun bei einem eingehendern Studium jener weite Gebiete umfassenden Wetterkarten in das Auge fällt, ist die häufige Gruppierung

der Luftdruckverteilung und der Winde in ihren großen Zügen nach Zonen, die von der westlichen Grenze des Kartenbereiches bis zu ihrer östlichen sich erstrecken. Da natürlich Hochdruckzonen, mit einer Linie höchsten Luftdruckes, abwechseln mit Zonen niedrigern Luftdruckes, die eine Linie niedrigsten Luftdruckes einschließen, so erinnern diese Zonen an die bekannten Mauryschen Zonen der Mittelwerte des Luftdruckes und der Winde. In Wirklichkeit haben sie aber dann ganz verschiedene Lagen, und zu verschiedenen Zeiten sind ihre Lagen auch unter sich höchst verschieden, so daß zu einer Zeit dort eine Niedrigdruckzone liegt, wo zu anderer eine Hochdruckzone sich befindet. Entsprechend gestalten sich auch die vorherrschenden Luftströmungen äußerst verschieden. In den Fällen aber, in denen in der Luftdruckverteilung die zonale Verteilung zurücktritt, fand Prof. Herrmann, daß dann etwa in der Richtung der Breitenkreise fortschreitend sich in annähernd gleichen Entfernungen oft Zunahme und Abnahme des Luftdruckes wiederholen, und den Gebieten niedrigen Luftdruckes entsprechen benachbarte, ähnlich gestaltete Gebiete hohen Luftdruckes. Darin schien sich ihm eine wellenartige Natur der atmosphärischen Vorgänge zu offenbaren. Diese Tatsachen zeigten, daß von einer beständigen allgemeinen Luftzirkulation im Sinne Ferrels in Wirklichkeit keine Rede sein konnte, und es entstand die Frage, ob eine solche ständige Zirkulation infolge einer Temperaturabnahme vom Äquator zum Pole selbst auf einer gleichartigen Erdoberfläche überhaupt möglich sei. Auf der Naturforscherversammlung zu Wien (1894) konnte Prof. Herrmann aus mathematischen Gründen nachweisen, daß dies in der Tat nicht der Fall sei. Wenn aber der notwendige Austausch der Luft infolge der Temperaturunterschiede zwischen dem Äquator und den Polen durch beständige Luftströmungen nicht möglich ist, derselbe also nur unter zeitlichen Veränderungen sich vollziehen kann, so bedingen die physikalischen Eigenschaften der Luft periodische Schwingungen und Wellen.

Dies folgt sogar aus den Ferrelschen mathematischen Untersuchungen, wie Prof. Herrmann speziell zeigen konnte. Dann hat Dr. Margules nachgewiesen, daß die auf einer rotierenden Kugel in einer dünnen, dieselbe bedeckenden Atmosphäre möglichen Wellenbewegungen und Schwingungen graphisch ähnliche Isobarensysteme und Maxima und Minima zeigen müssen, wie unsere Wetterkarten tatsächlich enthalten. Das unterstützt die Schlußfolgerungen von Prof. Herrmann wesentlich, und sonach darf man mit einem hohen Grade von Gewißheit annehmen, daß die veränderlichen Vorgänge in der Atmosphäre, die geschlossenen Isobarensysteme und die mit ihnen verbundenen Windsysteme, abgesehen von lokalern Modifikationen, Teile der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation zwischen Äquator und Pol sind.

Natürlich handelt es sich in der Atmosphäre nicht um eine Welle oder Schwingung, sondern um viele, die sich summieren oder

auch aufheben, und es entsteht jetzt die Aufgabe, die Periodizitäten derselben festzustellen. Diese Aufgabe ist mathematisch zunächst unlösbar, man muß sich vielmehr an eine praktische Prüfung halten. Dabei entdeckte Prof. Herrmann, daß die großen Zonen der Luftdruckverteilung, die in ihrer Veränderlichkeit wohl als Schwingungen aufzufassen sind, und auch die Bewegungen der fortschreitenden Wellensysteme sich auf der nördlichen Halbkugel um einen Pol gruppieren, der aber nicht mit dem geographischen Pole zusammenfällt, sondern nicht weit vom magnetischen Nordpole zu suchen ist. In meteorologischer Beziehung ist dadurch verständlich, weshalb die Bahnen der Minima über dem nordamerikanischen Festlande vorzugsweise von West nach Ost gerichtet sind, über dem Nordatlantischen Ozeane immer mehr nach Norden abbiegen und über Europa vorwiegend gegen Nordosten fortschreiten.

Um zu zeigen, bis zu welchem Grade es ihm schließlich gelungen ist, Periodizitäten der Luftdruckverteilung festzustellen, gibt Prof. Herrmann Karten der Luftdruckverteilung für zwei verschiedene Tage mit gänzlich verschiedenen Wetterlagen. An dem einen ist der Ozean in den mittlern Breiten von einer gewaltigen Depression überdeckt, während das Azorenmaximum und Islandminimum verschwunden sind. Am andern Tage zieht sich in nahezu gleicher Lage ein Hochdruckgebiet quer über den Ozean, und sowohl das Azorenmaximum als auch das Islandminimum ist vorhanden.

Man muß gestehen, daß die theoretisch festgelegten Isobaren mit den wirklichen sehr gut übereinstimmen, unvergleichlich besser, als es nach dem bisherigen alten Systeme der täglichen Wetterprognosen überhaupt zu erreichen wäre. Würde ein solches Zutreffen allgemein und für jedes Datum vorhanden sein, so wäre für die Seeschiffahrt das Problem gelöst; daran kann aber natürlich zurzeit noch nicht gedacht werden. Immerhin handelt es sich um eine hochwichtige Anbahnung neuern Fortschrittes auf diesem Gebiete, denn für den Seefahrer ist die beiläufige Kenntnis der in der nächsten Woche auf dem Meere zu erwartenden Luftdruckverteilung von höchstem Werte, da Richtung und Stärke des Windes für ihn in erster Linie wichtig sind. Was in dieser Beziehung die von Amerika ausgehenden monatlichen Pilot Charts und ähnliche Unternehmungen in Europa leisten, ist unwesentlich. Sie enthalten nämlich nur die durchschnittlichen Wind- und Strömungsverhältnisse nach den bisherigen Beobachtungen. Die tatsächliche Luftdruckverteilung und die Winde weichen aber so wesentlich von den mittlern ab, daß den Schiffsführer, der sich auf diese Angaben allein verließe, die bedenklichsten Überraschungen treffen würden. Selbst die beständigern Winde der Passate und Monsune erfahren mannigfache Störungen. Auch die Häufigkeitszahlen der Winde haben für den Fall der einzelnen Reise doch nur einen sehr bedingten Wert.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 5190



